Die Flossenstacheln von Acanthias.

Ein Beitrag zur Kenntniss der Hartsubstanzgebilde der Elasmobranchier.

Inaugural-Dissertation

der

hohen Philosophischen Facultät

der

Ludwigs-Universität zu Giessen

zur Erlangung der Doctorwürde

vorgelegt von

Ferdinand Markert.

Jena,
Gustav Fischer.
1896.

Die Flossenstacheln von Acanthias.

Ein Beitrag zur Kenntniss der Hartsubstanzgebilde der Elasmobranchier.

Inaugural-Dissertation

der

hohen Philosophischen Facultät

der

Ludwigs-Universität zu Giessen

zur Erlangung der Doctorwürde

vorgelegt von

Ferdinand Markert.

Jena,
Gustav Fischer.
1896.

ACAD.
LUGD.BAT.
BIBL.

Sowohl unter den jetzt lebenden als unter den fossilen Elasmobranchiern giebt es eine Anzahl von Formen, deren Flossen, insbesondere Rückenflossen, mit kräftigen Stacheln bewaffnet sind. Von recenten Haifischen gehören hierher die Familie der *Cestraciontidae* mit ihrem wichtigsten Vertreter *Cestracion philippi* und zum weitaus grössten Theil die Familie der *Spinacidae* mit den Gattungen *Centrina, Acanthias, Centrophorus* und *Spinax*. Die Flossenstacheln der fossilen Elasmobranchier sind unter dem Namen der Ichthyodorulithen bekannt.

Die Flossenstacheln vorgenannter Thiere finden in den systematischen Beschreibungen fast immer Berücksichtigung, aber meist werden sie nur erwähnt, und nur selten ist der innere und feinere Bau dieser Organe zum Gegenstand der Beschreibung gemacht worden. Ein genaueres Eingehen auf denselben findet sich nur da, wo die Stacheln neben anderen Merkmalen zur näheren Charakterisirung einzelner Gattungen und Arten dienen, oder in den Arbeiten der Paläontologen, die den meist nur isolirt, d. h. von dem Körper ihres Trägers losgelöst vorkommenden Ichthyodorulithen zum Zwecke der scharfen Unterscheidung naturgemäss eine genauere Beschreibung widmen müssen. Die gesammte zoologische Literatur enthält über den Bau der Flossenstacheln, über ihre Histologie, ihre Entwicklung nur wenige und keineswegs ganz befriedigende Angaben, eine Thatsache, die auffallend erscheint, wenn man berücksichtigt, welch grosses Interesse man schon seit längerer Zeit den übrigen Hartsubstanzgebilden der Haut der Elasmobranchier entgegengebracht hat. So ist durch eine Reihe von z. Th. sehr eingehenden Untersuchungen fest-

gestellt worden, dass die Hautschuppen und Hautstacheln der Elasmobranchier in gleicher Weise gebildet sind wie die Zähne dieser Thiere; man bezeichnet sie deshalb auch als Hautzähne. Nun liegt gewiss die Frage nahe, wie sich die zwar sehr viel grösseren, in ihrer äusseren Form aber nicht allzu sehr abweichenden Flossenstacheln zu den unzweifelhaften Hautzähnen verhalten. Sind auch sie als Hautzähne aufzufassen, so dass sie in den geschlossenen Kreis der oben genannten Zahnbildungen hineingehören, oder zeigen sie einen besonderen, von jenen abweichenden Bau? Falls ersteres zu bejahen sein sollte, so würde vielleicht die Erwartung berechtigt sein, dass die Kenntniss der inneren Organisation dieser durch ihre Grösse ausgezeichneten Gebilde geeignet ist, zum besseren Verständniss des Baues und der Bildung der anderen Hautgebilde und der Zahnbildungen im Allgemeinen etwas beizutragen.

Diese Fragen haben die in der vorliegenden Arbeit niedergelegten Untersuchungen veranlasst. In denselben beschränkte ich mich zunächst auf die am leichtesten zu erlangenden Flossenstacheln des gemeinen Dornhaies, *Acanthias vulgaris* Risso, von denen das erforderliche Untersuchungsmaterial durch die K. preussische Biologische Anstalt auf Helgoland bezogen wurde.

Bei einem Versuch, einen Ueberblick über die vorhandene Literatur zu geben, welche sich mit den Flossenstacheln von *Acanthias* beschäftigt, kann ich mich sehr kurz fassen; besonders gilt dies, wenn ich alle Werke, in denen dieselben nur im Interesse der Systematik kurz erwähnt oder in ihrer äusseren Form gekennzeichnet sind, als für meinen Zweck bedeutungslos weglasse und mich nur auf die Arbeiten beschränke, in denen auch der innere Bau berücksichtigt wird.

Aus älterer Zeit sind als grundlegendes Werk in erster Linie die „Recherches sur les poissons fossiles“ von L. Agassiz [1]) anzuführen. Der erste Theil des 3. Bandes behandelt die Ichthyodorulithen, neben denen auch Flossenstacheln recenter Haie, u. a. diejenigen von *Acanthias* eingehend besprochen werden. Agassiz war der Erste, der die Ichthyodorulithen als Flossenstacheln fossiler Elasmobranchier erkannte und die falschen ältern Anschauungen berichtigte. Seine Angaben sind von einer Reihe späterer Autoren, namentlich Paläontologen, in wenig oder gar nicht veränderter Weise übernommen worden,

1) L. Agassiz, Recherches sur les poissons fossiles, V. 3, 1833—1843.

z. B. von Duméril [1]), Bronn [2]) u. A., später sind sie von Zittel [3]), Quenstedt [4]) u. A. durch neuere Beobachtungen an Ichthyodorulithen erweitert worden. Eine Zusammenstellung dessen, was aus ältern Arbeiten über die Flossenstacheln der Elasmobranchier, darunter auch von *Acanthias,* bekannt ist, giebt Hubrecht [5]) in Bronn's Classen und Ordnungen des Thierreichs. Eine Abhandlung von Hannover [6]) befasst sich in einem Theil eingehender mit dem Bau der Stacheln von *Acanthias* und weist auf die Aehnlichkeit mit dem früher von ihm beschriebenen Bau der Säugethierzähne hin. Er liefert ausserdem einige Beiträge zur Histologie und Entwicklungsgeschichte der Stacheln. Gelegentlich seiner Schilderung der unpaaren Flossen der Selachier behandelt auch Paul Mayer [7]) in Kürze die Flossenstacheln, insbesondere der Spinaciden. Dieselben bestehen nach ihm aus Knorpel und haben nur einen dünnen Schmelzüberzug.

Die neueste zusammenfassende Darstellung über den Bau der Ichthyodorulithen hat Jäkel [8]) gegeben. Er unterscheidet unter den dorsalen Flossenstacheln eine Anzahl von Typen, von denen der erste oder Cestraciontiden-Typus die Stacheln der Spinaciden mit umfasst.

Zum besondern Gegenstand einer Untersuchung hat die Flossenstacheln von *Acanthias* — neben dem Schwanzstachel von *Trygon* — meines Wissens nur Benda gemacht und zwar in einer Abhandlung, deren Titel „Die Dentinbildung in den Hautzähnen der Selachier“ [9]) diesen Inhalt kaum vermuthen lässt. Er giebt einen kurzen Ueber-

---

1) A. Duméril, Histoire naturelle des poissons, V. 1, 1865.

2) H. G. Bronn, Lethaea geognostica bearb. von Bronn u. Römer, 1851—1852.

3) K. A. Zittel, Handb. d. Paläontologie, Abth. 1, Paläozoologie, V. 3, 1887—1890.

4) F. A. Quenstedt, Handb. d. Petrefactenkunde, 3. Aufl., 1882 bis 1885.

5) A. A. W. Hubrecht, Die Fische, in: Bronn's Classen und Ordnungen des Thierreichs, V. 6, Abth. 1, 1876, Lief. 1—4.

6) A. Hannover, Om Bygningen og Udviklingen af Skjael og Pigge hos Bruskfisk, in: Dansk. Vid. Selsk. Skrifter, naturv. og math. Afd., V. 7, Kopenhagen 1867.

7) P. Mayer, Die unpaaren Flossen der Selachier, in: Mitth. Zool. Stat. Neapel, V. 6, 1886.

8) O. Jäkel, Ueber Flossenstacheln oder Ichthyodorulithen im Allgemeinen, in: SB. Ges. Naturf. Freunde Berlin, 1890, p. 119—131. Mit 3 Figg.

9) in: Arch. Mikrosk. Anat., V. 20, 1882, p. 246.

blick über Bau und Entwicklung und einige Abbildungen, welche einen Längsschnitt, einen Querschnitt und einige einzelne Theile darstellen. Auf seine Angaben werde ich an den betreffenden Stellen meiner Arbeit näher eingehen.

Das Aeussere und der Bau des ausgewachsenen Flossenstachels.

Acanthias vulgaris trägt am vordern Ende seiner beiden Rückenflossen je einen langen, kräftigen und spitzen Stachel, der parallel der vordern Flossenkante schräg nach oben und hinten gerichtet ist. Wie in der Gestalt der Flossen selbst, so besteht auch zwischen ihren Stacheln ein deutlicher Unterschied, den Agassiz [1]) folgendermaassen schildert: „Cette (épine) de la dorsale antérieure est près de moitié plus courte que celle de la seconde dorsale; son bord antérieur est légèrement convexe, mais son bord postérieur est presque droit, elle est aussi plus obtuse que la seconde. Celle-ci est sensiblement arquée, dans toute sa longueur, et le sillon de son côté postérieur est très-évasé; les bords postérieurs des deux épines sont tranchans, tandis que le bord antérieur est arrondi. Il ne paraît pas y avoir des différences sexuelles dans la forme des épines; mais chez les jeunes elles sont moins pleines, c' est à dire, que les côtés sont moins arrondis, les bords plus saillans et la pointe plus effilée.“ Im inneren Bau stimmen vordere und hintere Flossenstacheln überein. Beide haben annähernd die Form einer sehr hohen, etwas gekrümmten, dreikantigen Pyramide mit einer nach vorn und zwei nach hinten gerichteten Kanten. Ein Querschnitt (Taf. 46, Fig. 2) zeigt die beiden vordern Seiten convex und die hintere, entsprechend der von Agassiz erwähnten Rinne, concav. Die Stacheln selbst stecken etwa zur Hälfte im Körper des Fisches, und man kann an einem isolirten Stachel (Taf. 46, Fig. 1) deutlich eine frei aus dem Körper herausragende Krone von einer in der Haut liegenden Wurzel unterscheiden [2]). Die letztere (*w*) ist breit und stumpf und besteht aus einer gelblich-weissen, verhältnissmässig weichen und beim Trocknen einschrumpfenden Substanz. Die Krone (Taf. 46, Fig. 1 *kr*) ist spitz und, namentlich gegen die Wurzel hin, tief dunkelbraun gefärbt. Sie ist auf den beiden Vorderflächen von einer harten, stark glänzenden Schicht über-

1) L. Agassiz, l. c. V. 3, p. 14.
2) Vgl. Jäkel, 1890, p. 121.

kleidet, während die auf der hinteren, der Flosse zugekehrten Seite befindliche Rinne von einer weichen Haut ausgefüllt ist. Wo der harte, glänzende Ueberzug auf der Grenze von Krone und Wurzel in einer gebogenen Linie endigt, ist der Stachel mit der hier stark verdickten Körperhaut fest verwachsen. Diese Verwachsungsstelle ist etwas in den Körper hineingezogen, so dass das untere Ende der Krone in eine taschenförmige Vertiefung der Körperhaut zu liegen kommt. Die erwähnte dunkle Färbung der Krone findet sich nur im Bereiche des harten, glänzenden Ueberzugs und ist an der Vorderkante, da wo diese aus dem Körper heraustritt, am dunkelsten; von hier an nimmt sie sowohl nach der Spitze als auch nach hinten hin ab. Die Spitze selbst erscheint, und zwar in Folge starker Abnutzung der oberflächlichen Schichten, rein weiss. Die Abnahme der Färbung von unten nach oben ist nicht gleichmässig, sondern es zeigen sich dunkle Streifen, die dem untern Rande des harten, glänzenden Ueberzugs der Krone parallel laufen. Das Vorhandensein feiner, flacher Wülste, die denselben annähernd entsprechen, bestärkt die Vermuthung, dass es Anwachsstreifen sind, die von einem periodischen Wachsthum des Stachels herrühren. Unter der Lupe erkennt man ferner oberflächlich noch ein System von feinen, parallelen Längslinien, welche den harten Ueberzug von der Basis bis zur Spitze durchziehen.

Um den inneren Bau des Stachels kennen zu lernen, wurde zunächst ein Medianschliff durch einen getrockneten und von den anhaftenden Weichtheilen befreiten Stachel eines ausgewachsenen *Acanthias* angefertigt. Die nach diesen Schliffen angefertigten Abbildungen (Taf. 46, Fig. 3 und 4) zeigen aus diesem Grund nur die Hartsubstanzen.

Im Innern befindet sich eine Höhle, welche unten am weitesten ist und nach oben zu immer enger wird, so dass sie an der Spitze nur noch ein enges Canälchen bildet (Taf. 46, Fig. 3 *ph*). Letzteres mündet in Folge der Abnutzung der Stachelspitze an dieser frei nach aussen. Am untern Ende ist die Stachelhöhle offen. Sie ist, wie schon von Thacher [1]) und P. Mayer [2]) abgebildet wurde, von einem Knorpelstab durchzogen, der sich vom vordersten Theil des Flossen-

1) J. K. Thacher, Median and paired fins, in: Trans. Connecticut Acad., V. 3, part 2, 1878.

2) P. Mayer, Die unpaaren Flossen der Selachier, 1886, tab. 18, fig. 5 u. 6.

skelets erhebt. Meine Abbildungen des Längsschliffs geben ihn nicht wieder, da er sich beim Schleifen nicht erhalten hatte.

Die Wandung des Flossenstachels ist von sehr ungleichmässiger Dicke; auf Grund des Längsschliffs lässt sich im Allgemeinen nur soviel angeben, dass sie an der Basis des Stachels sehr dünn ist und an der Spitze eine recht beträchtliche Stärke erreicht (Taf. 46, Fig. 3). Die Hinterwand ist stets dünner als der gegenüberliegende Theil der Vorderwand, besteht in ihrer ganzen Ausdehnung aus einer einheitlichen Substanz und nimmt von der Basis bis zur Spitze ganz allmählich und gleichmässig an Dicke zu. In der Vorderwand macht sich dagegen ein Unterschied zwischen Krone und Wurzel, die sich hier scharf von einander absetzen, in hohem Maasse bemerkbar: im Bereiche der Krone ist sie bedeutend dicker und von anderer Beschaffenheit als in dem der Wurzel.

Schon unter der Lupe sieht man deutlich, dass die Hauptmasse des Stachels von einer Substanz gebildet wird, welche im Wesentlichen dem Dentin der Mund- und Hautzähne der Selachier gleicht, wie es hauptsächlich durch die Arbeiten von O. Hertwig [1]), Klaatsch [2]) u. A. genauer bekannt geworden ist. Sie besteht aus einer nahezu homogenen Grundsubstanz, welche von vielen und stark verästelten Röhrchen durchzogen wird. Diese Röhrchen gehen von der inneren Stachelhöhle aus, die als Pulpahöhle (*ph*) bezeichnet werden muss. Jäkel ist allerdings (l. c. p. 121) der Ansicht, „eine echte Pulpa sei sie zunächst nicht, weil von ihr nicht eigentlich die Bildung des Zahnes ausgeht, sondern von den zahlreichen Vasa, welche das Dentin der Wände durchziehen", vielmehr „nur ein innerer, noch nicht zu Vasodentin verkalkter Hohlraum". Ich werde später zeigen, dass diese Auffassung unbegründet ist.

Die Hinterwand des Stachels (Taf. 46, Fig. 3) besteht ausschliesslich aus dem erwähnten Dentin, und ebenso wird die Vorderwand in ihrem unteren Theile, soweit sie der Wurzel angehört, nur davon gebildet. Dagegen ist in ihr im Bereich der Krone nicht nur die Dentinschicht selbst von viel beträchtlicherer Dicke, sondern ihr liegt noch eine Schicht von etwas anderem Bau auf, die von einem weiten Längscanal durchzogen wird, und deren oberflächlichster Theil reich an

---

1) O. Hertwig, Ueber Bau und Entwicklung der Placoidschuppen und der Zähne der Selachier, in: Jena. Z. Naturw., V. 8, 1874.

2) H. Klaatsch, Zur Morphologie der Fischschuppen und zur Geschichte der Hartsubstanzgewebe, in: Morph. Jahrb., V. 16, 1890.

Pigment ist. Dieses verursacht die dunkle Färbung der Stachelkrone. Ausserhalb dieser Pigmentschicht endlich findet sich eine dünne Lage von Schmelz, sehr ähnlich dem, wie er aus den Arbeiten über Mund- und Hautzähne der Selachier von diesen bekannt ist. Er zeichnet sich durch Farblosigkeit, starkes Lichtbrechungsvermögen sowie grosse Härte aus und bildet nebst der Pigmentschicht das Hauptmerkmal der Krone.

Der äusserlich (vgl. Taf. 46, Fig. 1) so sehr hervortretende Unterschied zwischen Krone und Wurzel ist also dadurch bedingt, dass eine die ganze Länge des Stachels einnehmende, einheitlich gebaute, nach oben sich verjüngende Dentinpyramide im Kronentheil an ihren Vorderseiten von einer pigmenthaltigen und ihrerseits von Schmelz bekleideten Schicht überzogen ist. Wir wollen im Folgenden die innere Dentinpyramide, welche die Hauptmasse des Stachels bildet, als den Stammtheil und die ihm auflagernden Schichten als den Mantel oder Manteltheil bezeichnen.

Zur Ergänzung des bis jetzt gewonnenen Bildes ziehen wir nunmehr Querschliffe heran.

Da es sich bei der Untersuchung der Längsschliffe als wünschenswerth herausgestellt hatte, dass neben den Hartsubstanzen auch so viel wie möglich die anliegenden Weichtheile erhalten blieben und der Untersuchung zugänglich gemacht wurden, wandte ich bei der Anfertigung der Querschliffe das sog. „Versteinerungsverfahren“ an, das zuerst von G. von Koch angegeben und neuerdings von Röse [1]) genauer beschrieben worden ist. Der in 70-proc. Alkohol conservirte Stachel wurde in Stücke von passender Länge zerlegt und in Paracarmin nach P. Mayer [2]) gefärbt. Die Stücke kamen dann nach einander in steigenden Alkohol, Chloroform und endlich in eine Lösung von Canadabalsam in Chloroform. Letzteres wurde darauf durch sehr langsames Verdunsten entfernt, bis die in den jetzt fest gewordenen Balsam eingeschlossenen gefärbten Stücke „versteinert“ und zum Schleifen geeignet waren.

Die Textfiguren A—E geben, etwas schematisirt, einige dieser Querschliffe in der Reihenfolge von unten nach oben wieder. Nahe dem untern Ende des Stachels (Fig. A) zeigt die Hartsubstanz einen nahezu hufeisenförmigen Querschnitt und lässt die Hinterseite der

1) C. Röse, Ueber die v. Koch'sche Versteinerungsmethode, in: Anat. Anzeiger, V. 7, 1892, p. 512 ff.

2) P. Mayer, Ueber das Färben mit Carmin, Cochenille und Hämateïn-Thonerde, in: Mitth. Zool. Stat. Neapel, V. 10, 1891/93, p. 491.

Stachelhöhle offen. Erst im Bereich der höher geführten Schliffe (Fig. B—E) schliesst sie sich und bildet ein Rohr, dessen Querschnitt die Form eines schwach dreikantigen Ringes hat; die Hinterseite erscheint etwas eingedrückt (Fig. B). Das Lumen dieses ringförmigen Querschnitts wird entsprechend der Zuspitzung des Stachels und der immer mehr zunehmenden Stärke seiner Wandungen nach oben hin immer kleiner, bis es an der Spitze (Fig. E) nur noch einen engen Canal darstellt.

Der in der Stachelhöhle liegende Knorpelstab erscheint auf dem Querschnitt annähernd kreisrund und liegt auf unserem untersten Schliff (Fig. A) dem dahinter liegenden Flossenknorpel sehr nahe; auf einem noch tiefer gelegenen Querschliff würde er vollständig mit ihm vereinigt sein. Nach oben hin werden die Knorpelstabquerschnitte kleiner und verschwinden zuletzt. Niemals füllen sie die Höhle der Hartsubstanz völlig aus, sondern sind von der Wand derselben stets durch Bindegewebe und Gefässe getrennt.

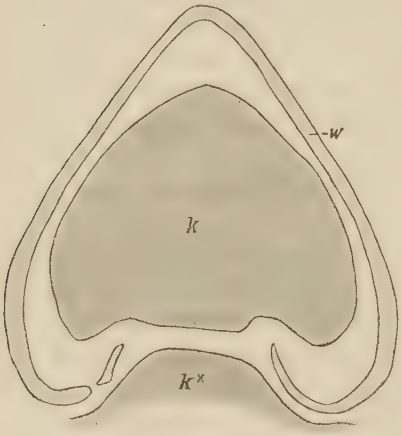

Fig. A. Querschliff durch den unteren Theil der Wurzel eines ausgewachsenen Stachels von *Acanthias* (vergr.) *k* Stachelknorpel, *k** Flossenknorpel, *w* Hartsubstanz.

Halten wir beim Vergleich der verschiedenen Querschliffe diejenigen durch die Wurzel (Fig. A u. B) denen durch die Krone (Fig. C, D, E) gegenüber, so zeigt sich aufs deutlichste, dass der Unterschied auf dem abweichenden Verhalten der Vorderwand beruht.

An dem dreieckig-ringförmigen Querschnitt der Wurzel (Fig. A u. B) bemerken wir, dass die Wandung derselben an verschiedenen Stellen von ungleicher Dicke ist. Am dünnsten ist — soweit sie nicht, wie in den untersten Schliffen, ganz fehlt — die Hinterwand, besonders ihr mittleres Drittel, das ausserdem noch durch den von hinten her nahe herantretenden Flossenknorpel etwas nach innen gedrückt erscheint. Nach den Seiten hin nimmt die Hinterwand etwas an Dicke zu und geht allmählich in die beiden Vorderwände über, welche eine beträchtlichere und im Allgemeinen gleichmässige Stärke haben; nur an der schärferen vorderen und den beiden stumpferen hinteren Kanten schwellen sie stärker an.

Im Bereiche der Krone (Fig. C—E) besteht die Stachelwand zunächst aus dem inneren, die Stachelhöhle mit dem Knorpelstab vollständig umschliessenden Stammtheil. Sein ringförmiger Querschnitt hat in Bezug auf Form und Zusammensetzung dieselbe Beschaffenheit wie derjenige durch die Wurzel. Nur ist seine Wand bedeutend stärker und sein Lumen wesentlich enger geworden.

Seinen Vorderseiten liegt der Mantel auf, der der Hauptsache nach aus einer von Canälen durchzogenen Substanz besteht, welche

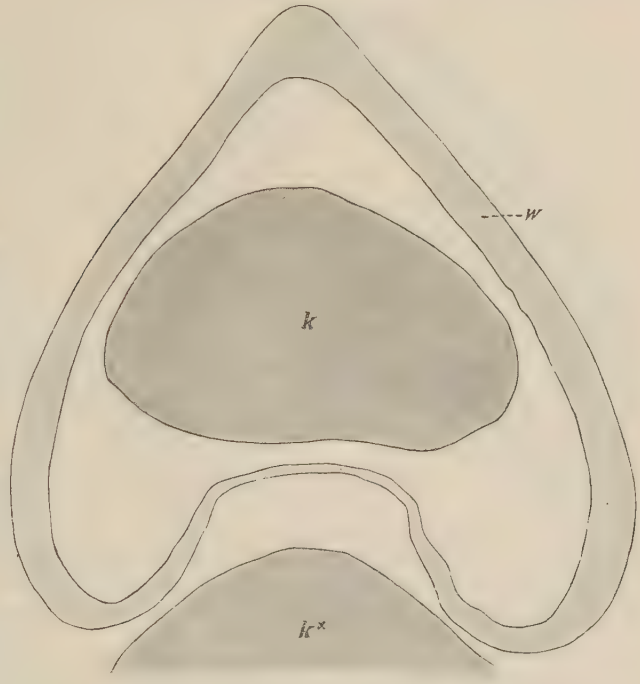

Fig. B. Querschliff durch den mittleren Theil der Wurzel eines ausgewachsenen Stachels von *Acanthias* (stärker vergrössert als Fig. A). *k* Stachelknorpel, *k** Flossenknorpel, *w* Hartsubstanz.

nach aussen hin in die von den Längsschliffen her bekannte Pigmentschicht übergeht. Der farblose, harte Schmelz bildet ein dünne Decke. Die Canäle erscheinen als meistens ovale, hier und da mit einander in Verbindung stehende Oeffnungen, welche in einer der Oberfläche des Stammtheils parallelen Reihe angeordnet sind. Ziehen wir noch einen Tangentialschliff (Taf. 46, Fig. 9) heran, so erkennen wir, dass die Canäle (*pc*) ein Netzwerk bilden, das hauptsächlich aus sehr zahlreichen Längscanälen besteht, welche durch kurze Quercanäle mit einander verbunden sind. Von ihm rühren die oben (S. 7) beschriebenen

Längslinien an der Oberfläche der Stachelkrone her. Auf der Grenze von Wurzel und Krone stehen die Längscanäle mit dem den Stachel umhüllenden Corium in Verbindung, was sich an Längsschnitten durch entkalkte Stacheln leicht nachweisen lässt. Die Canäle sind von wechselnder Weite, immer aber zeichnet sich jederseits ein Canal, der nahe dem Rande des Mantels hinzieht und als „Randcanal" bezeichnet werden mag, durch seine besondere Weite und durch die etwa dreieckige Gestalt seines Querschnitts vor den übrigen aus.

Fig. C. Querschliff durch den unteren Theil der Krone von einem ausgewachsenen Stachel von *Acanthias*. Dem Stammtheil liegt auf den beiden vorderen Seiten der aus drei Schichten bestehende Mantel auf (Vergr. wie Fig. B).

Das Canalnetz liegt nicht auf der Grenze zwischen dem Stamm und dem Mantel, sondern gehört dem letzteren an und wird von dem ersteren durch eine dünne, aber überall deutlich erkennbare und in den Seitentheilen beträchtlich dickere Schicht von Mantelsubstanz getrennt. Ich muss das Benda gegenüber betonen, welcher (p. 260) behauptet, dass die „Gefässcanäle . . die Grenze zwischen den beiden Dentinarten noch im fertigen Stachel bezeichnen." Nach seiner Auffassung ist der Stachel nämlich aus einem eigentlichen, von Dentin gebildeten Stachel und einer gleichfalls aus Dentin bestehenden Placoidschuppe zusammengesetzt. Letztere, welche wie „ein halber Kegelmantel" den Stachel überdeckt, entspricht dem grösseren Theil unseres „Mantels", der Stachel aber unserem „Stamm".

Nahe der Grenze von Krone und Wurzel (Fig. C) bildet der Mantel nur eine dünne Decke, welche die vordern Wände des Stammtheils in gleichmässiger Stärke überzieht. Gegen die Spitze des Stachels hin (Fig. D u. E) wird er im Allgemeinen etwas dicker, behält aber im Uebrigen dieselbe Beschaffenheit bei.

Die seitlichen Partien des Mantels, welche den oben erwähnten „Randcanal“ umschliessen, sind überall bedeutend verdickt und erzeugen dadurch an den hintern Kanten der Krone jederseits einen kielartigen Vorsprung, auf dessen Anwesenheit es beruht, dass diese Kanten im Bereiche der Krone viel schärfer sind als in dem der Wurzel, wo kein Mantel vorhanden ist. Auf den Querschliffen fehlen diese Vorsprünge allerdings meistens, doch rührt das nur daher, dass sie in Folge der Sprödigkeit ihrer Substanz beim Schleifen leicht zerbröckeln und abspringen.

Fig. D. Fig. E.

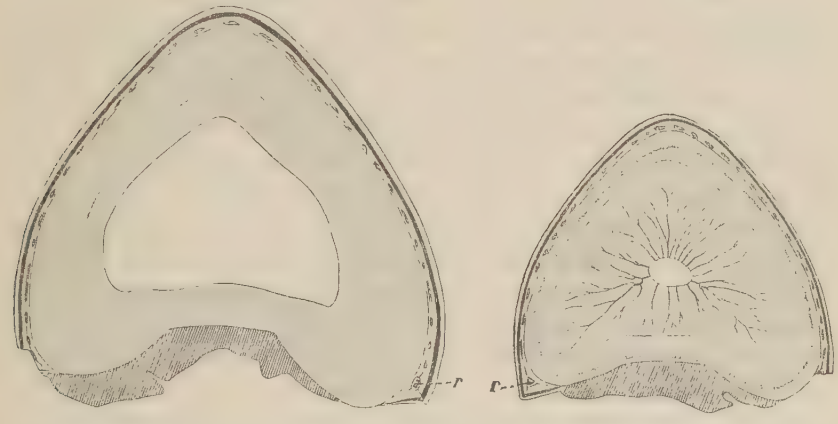

Fig. D. Querschliff durch den mittleren Theil der Krone eines ausgewachsenen Stachels von *Acanthias*. Die Rinne der Hinterseite ist von Bindegewebe erfüllt. *r* Randcanal (Vergr. wie Fig. B).

Fig. E. Querschliff durch die Spitze eines ausgewachsenen Stachels von *Acanthias*. *r* Randcanal (Vergr. wie Fig B)

Auf einem Schliff, der nahe der Spitze des Stachels geführt ist (Taf. 46, Fig. 8), ist die Wand sehr mächtig, und der innere Hohlraum (*ph*) erscheint nur noch als ein in der Mitte gelegenes, enges Röhrchen. Die oben erwähnte Abnutzung der vordern Stachelkante macht sich hier deutlich bemerkbar (*a*); es hat sich an Stelle derselben eine rauhe Fläche gebildet, in welche der Farbstoff bis zu einiger Tiefe einzudringen vermochte, während die übrige Substanz des Stachels ungefärbt geblieben ist.

Der mikroskopische Bau der Flossenstacheln.

Der Stammtheil wird, wie schon bemerkt, ausschliesslich von Dentin gebildet. Dasselbe besteht zunächst aus einer hyalinen,

nahezu homogenen Grundsubstanz. Dieselbe zeigt nur eine schwache, concentrische Streifung, welche ihre Entstehung ohne Zweifel einem periodischen Wachsthum verdankt. Die innerste, die Pulpahöhle unmittelbar umgebende Schicht dieser Grundsubstanz ist durch etwas stärkeres Lichtbrechungsvermögen von der des übrigen Dentins unterschieden und erscheint deshalb auf den Querschliffen unter dem Mikroskop als ein heller Saum, welcher das Dentin nach innen zu abgrenzt (Taf. 46, Fig. 5 *ri*). Man kann sie als innere Randschicht bezeichnen, doch soll damit nicht gesagt sein, dass es eine besondere Substanz ist; vielmehr ist es nur der etwas abweichend sich verhaltende, zuletzt gebildete, wahrscheinlich noch unverkalkte Theil des Dentins, der später dieselbe Beschaffenheit erhält wie die übrige Grundsubstanz.

In die Grundsubstanz dringen von der Pulpahöhle aus längere oder kürzere Röhrchen ein und verästeln sich (Taf. 47, Fig. 10 *dr*). Da sie in den „Versteinerungspräparaten" den Farbstoff meist gut aufgenommen haben, kann man ihre reiche Verzweigung an solchen gut beobachten. Sie erreichen natürlich ihre grösste Länge da, wo das Dentin am stärksten entwickelt ist, also an den beiden hinteren Stachelkanten, und hier zeigt sich auch die Art und Weise der Verzweigung am schönsten (Taf. 47, Fig. 11). Sie verlaufen von der Pulpahöhle aus meist gerade, je feiner aber ihre Zweige werden und je mehr sie in die äusseren Schichten vordringen, desto mehr Biegungen und Knickungen treten auf.

An den concentrischen Wachsthumsstreifen der Grundsubstanz zeigen die Röhrchen meist eine besonders starke Ablenkung und Knickung. An einigen Stellen glaube ich ganz bestimmt beobachtet zu haben, dass auch netzförmige Verbindungen der einzelnen Aeste unter einander vorkommen (vgl. Benda, p. 265). Dieselben sind jedoch selten und nur schwer als wirkliche Verbindungen von gelegentlichen Kreuzungen der Aeste zu unterscheiden.

Versucht man auf einem Querschliff (Taf. 46, Fig. 5 u. 6) ein Dentinröhrchen von der Pulpahöhle aus nach aussen bis in seine letzten Ausläufer hinein zu verfolgen, so findet man, dass es nicht die ganze Wand des Stammtheils durchsetzt, sondern in einer Schicht ausläuft, die sich erheblich von den eben beschriebenen unterscheidet. Es ist auch hier eine hyaline Grundsubstanz vorhanden, aber es fehlen ihr sowohl die concentrischen Streifen als auch die in radiärer Richtung sie durchziehenden Dentinröhrchen. Solche gehen nur ganz vereinzelt durch sie hindurch, worauf ich später noch eingehen werde. Dagegen lässt sie eine grosse Anzahl von kleinen Kreisen und Punkten erkennen,

welche regellos in ihr zerstreut sind. An der entsprechenden Stelle zeigen Längsschliffe eine feine, längs verlaufende Streifung, und es kann keinem Zweifel unterliegen, dass die auf dem Querschnitt gesehenen Punkte und Kreise der Ausdruck einer Faserung sind und dass wir berechtigt sind, diese Schicht als Längsfaserschicht (Taf. 46, Fig. 4—7 *l*) zu bezeichnen. Sie ist, besonders in den oberen Stacheltheilen, bedeutend dünner als der nach innen zu gelegene Theil des Dentins und bildet auf dem Querschnitt eine überall gleich breite, ringförmig geschlossene Zone. Auch Benda beschreibt dieselbe, schildert sie aber als granulirt (p. 261).

Nach aussen von ihr liegt noch eine dritte Zone von etwa derselben Breite (Taf. 46, Fig. 4—7 *cp*). Sie zeigt im Wesentlichen dieselbe Beschaffenheit wie der nach innen zu gelegene Theil des Dentins, d. h. sie besteht aus einer concentrisch gestreiften Grundsubstanz, die von verästelten Röhrchen durchzogen wird. Letztere nehmen aber ihren Ursprung an der äusseren Begrenzung des Stammtheils, verlaufen in centripetaler Richtung und endigen, von aussen in dieselbe eintretend, ebenfalls in der mittleren Längsfaserschicht, wie es bereits von Benda richtig geschildert worden ist (p. 260). Diese äusserste Dentinschicht des Stammtheils umzieht denselben jedoch nicht vollständig, sondern lässt etwa das mittlere Drittel seiner Hinterseite frei. Dies trägt mit dazu bei, dass die hintere Stachelwand dünner bleibt (Taf. 46, Fig. 5 *h*).

Entsprechend der geringen Dicke dieser Schicht sind die Röhrchen bedeutend kürzer als die der inneren Dentinschicht, aber sie sind auch sehr viel weniger zahlreich. Sie stehen nicht so dicht und sind in ihrem basalen Theil auch lange nicht so weit wie diejenigen der inneren Schicht. Die Art der Verzweigung ist genau die gleiche, nur ist der Raum für die Ausbildung einer reichen Verästelung, wie wir sie namentlich an den Verstärkungen der Hinterränder des Stammtheils beobachteten, nicht ausreichend.

Der Stammtheil lässt darnach drei deutlich von einander unterschiedene, aber nicht scharf von einander getrennte Schichten erkennen, Von denselben zeigen die innerste (*cf*) und die äusserste (*cp*) die gewohnte Dentinstructur und sind von stark verästelten Röhrchen durchzogen, von denen die der inneren Schicht centrifugal, die der äusseren centripetal verlaufen, während die mittlere Schicht (*l*), in welcher die Dentinröhrchen von aussen und innen zusammentreffen, aus Längsfasern besteht.

Der dem Stammtheil im Bereiche der Stachelkrone aufliegende

Mantel (Taf. 46, Fig. 5—7 *m*, und Taf. 47, Fig. 12 *m*) ist, wie bereits erwähnt, nicht durch einen scharfen Contour von ersterem getrennt, doch beobachtet man nach Färbung mit Hämatoxylin und Fuchsin an Schnitten durch entkalkte Stacheln einen deutlichen Färbungsunterschied, indem sich der Mantel stark dunkelblau, der Stamm dagegen nur schwach färbt. An ungefärbten Präparaten kommt eine Abgrenzung der beiden Haupttheile des Stachels nur durch das eigenthümliche Verhalten der Dentinröhrchen zu Stande. Diejenigen Dentinröhrchen nämlich, welche dem Mantel angehören, kommen aus dem schon mehrfach besprochenen Canalnetz des Mantels (Taf. 47, Fig. 12 *pc*).

Die Grundsubstanz des Mantels zeigt nur in der nächsten Umgebung der Canäle die klare, homogene Beschaffenheit und concentrische Streifung wie das Dentin des Stammes (Taf. 46, Fig. 6 u. 7, Taf. 47, Fig. 12 *dh*). In sie hinein gehen von den Canälen gröbere Röhrchen, welche meistens zunächst ziemlich gerade verlaufen, dann aber, ähnlich wie die Röhrchen des Stammtheils, sich verzweigen, Biegungen und Knickungen erleiden und dabei immer dünner werden (Taf. 47, Fig. 12 *dr*).

Die meisten dieser Röhrchen gehören ausschliesslich dem Mantel an und durchziehen ihn nach allen Richtungen, zu einem sehr grossen Theile auch in longitudinaler, so dass man auf Querschliffen zahlreiche punktförmige Durchschnitte derselben antrifft. Verfolgt man aber den Verlauf derjenigen, welche in der Richtung gegen den Stamm hinziehen, so erkennt man, dass manche unter ihnen nicht an der Grenze des Mantels Halt machen, sondern, nicht selten nach mehrfachen Knickungen und Windungen (Taf. 47, Fig. 12 *dr**), in den Stamm eintreten und sich hier ganz wie die centripetalen Röhrchen verhalten, nämlich sich verästeln und in der Längsfaserschicht endigen.

Es entsteht Angesichts dieser Thatsache, die leicht mit Sicherheit festgestellt werden kann, naturgemäss die Frage, ob nicht etwa die centripetalen Röhrchen der äusseren Stammschicht sämmtlich in dieser Weise von den Canälen des Mantels ausgehen. Zwar scheinen auf den Querschnitten die meisten an der Grenze von Mantel und Stamm ihren Ursprung zu nehmen, doch schliesst das nicht aus, dass sie dennoch aus dem Mantel kommen: sie können offenbar unter scharfen Knickungen eine Strecke weit auf der Grenze verlaufen sein. Aber ich glaube doch zeigen zu können, dass nicht alle centripetalen Röhrchen aus dem Mantel stammen, sondern dass ein Theil von ihnen wirklich von der Aussenfläche des Stammes ausgeht. Dafür spricht zunächst die Thatsache, dass viel weniger Dentinröhrchen im Mantel

auf den Stamm zutreten, als centripetale Röhrchen in diesem vorhanden sind — man müsste denn annehmen, dass jene sich während des Verlaufs längs der Grenze sehr stark verästeln —, besonders aber der Umstand, dass die centripetalen Röhrchen sich an den Stellen des Stammes, welche nicht vom Mantel überkleidet sind, also in der Hinterwand der Krone und in der Wurzel, sich nach Zahl und Aussehen wesentlich ebenso verhalten. Auch erfolgt der Eintritt der centripetalen Röhrchen in den Stamm immer genau längs der Grenze, die zwar an Schliffen nicht als eine scharfe Trennungslinie ausgebildet ist, an gefärbten Schnitten durch entkalkte Stacheln aber deutlich hervortritt, da Mantel und Stamm sich nicht ganz gleich färben. Es kann daher trotz des Ueberganges gewisser Dentinröhrchen aus dem Mantel in den Stamm kein Zweifel darüber bestehen, dass diese als zwei wesentlich unterschiedene Theile des Stachels anzusehen sind.

Die äusserste Schicht des Mantels ist durch einen grossen Reichthum an dunklem Pigment ausgezeichnet und verdient mit dem besonderen Namen Pigmentschicht belegt zu werden, da sie sich nicht nur auf dickeren Schliffen und bei schwächerer Vergrösserung (Taf. 46, Fig. 4—7 *pi*) als eine gleichmässig schwarze, ziemlich scharf abgegrenzte Schicht darstellt, sondern auch, wie wir sehen werden, einen von dem des tieferen Manteldentins abweichenden Bau besitzt. Betrachtet man allerdings dünnere Querschliffe bei stärkerer Vergrösserung (Taf. 47, Fig. 12 *pi*), so lässt sich eine scharfe Grenze gegen jenes nicht nachweisen. Man erkennt dann als besonders charakteristisch, dass in der Pigmentschicht und den an sie grenzenden Theilen des Mantels zahlreiche, ungleich grosse, rundliche Flecke (*fb*) vorhanden sind, welche durch eine homogene Substanz von einander getrennt sind. Dieselben sind regellos angeordnet und werden meist von Pigmentkörnchen derart rings umlagert, dass sie sich schon bei schwächeren Vergrösserungen als scharf umschriebene Kreise bemerklich machen. Wie Benda an Querschnitten „durch die unteren Partien des Placoids“ schon richtig erkannt hat (p. 262), sind es „Querschnitte mit [in ?] die Verkalkung eintretender Bindegewebsbündel“ oder, sagen wir einstweilen lieber, Faserbündel. Das ergiebt sich deutlich, wenn man Längsschliffe vergleicht (Taf. 46, Fig. 3, 4 *pi*). An der entsprechenden Stelle des Stachels nimmt man eine blasse Längsstreifung wahr (s. auch Benda's fig. 9, tab. 16), die allerdings nicht leicht zu sehen ist, weil sehr dünne Längsschliffe nicht herzustellen sind und an dickeren das Pigment vieles verdeckt.

Es ist also auch im Mantel eine Längsfaserschicht vorhanden;

dieselbe liegt aber nicht wie im Stamm zwischen zwei Dentinschichten, sondern oberflächlich, unmittelbar unter der äussersten Stachelschicht, dem Schmelz (Taf. 46, Fig. 3—8, Taf. 47, Fig. 12 *s*). Dieser ist durch stärkeres Lichtbrechungsvermögen und, wie die vielen beim Schleifen entstehenden Risse und Sprünge beweisen, durch grosse Härte und Sprödigkeit ausgezeichnet. Er zeigt eine dichte, senkrechte Streifung, doch ist eine Zusammensetzung aus Prismen nicht nachweisbar. Die Streifung scheint vielmehr von feinen Fasern herzurühren; dieselben sind in der Tiefe alle nach den verschiedensten Richtungen bogenförmig gekrümmt und bilden ein dichtes Geflecht, in dem es mir unmöglich war, eine einzelne Faser zu verfolgen; ebenso wenig vermag ich eine scharfe innere Grenze des Schmelzes zu erkennen, da seine Fasern in die Pigmentschicht des Mantels auslaufen (Fig. 12).

Die Entwicklung der Flossenstacheln.

Ueber die Entwicklung der Flossenstacheln von *Acanthias* finden sich in der oben schon angeführten Schrift von Hannover[1]) einige Angaben. Derselbe hat die Stacheln eines jungen Dornhaies von 5 Zoll Länge, der noch einen grossen Dottersack trug, untersucht. Der Stachel, der hier die Länge von etwa 4—5 mm besass, hatte die Form „einer sehr spitzen Düte und bestand aus einer dünnen Schale, welche den Stachelkeim überkleidete". Er weist auf die grosse Aehnlichkeit zwischen dem Stachelkeim und dem in einer früheren Arbeit von ihm beschriebenen Zahnkeim von Säugethieren hin und kommt bei einer eingehenderen Vergleichung zu der Annahme, dass sich beide Bildungen auf dieselbe Weise entwickelt haben. Der jüngste Theil ist in beiden Fällen die Basis, der älteste die Spitze. Die Basis des Stachelkeims besteht aus kleinen, runden Zellen mit rundem, ovalem oder eckigem Kern, später verlängern sich diese, und es bildet sich allmählich eine fasrige Structur aus. Das ungenügende Material gestattete es jedoch Hannover nicht, die Sache weiter und genauer zu verfolgen.

Benda (1882, p. 258) giebt eine ziemlich ausführliche Darstellung der Entwicklung des *Acanthias*-Stachels, die ich zum grossen Theil wörtlich hierher setzen will: „Aus den Spindelzellen über dem Flossenstrahl differenzirt sich eine kappenartige Schicht von Odontoblasten,

1) A. Hannover, 1867, p. 516.

während die unmittelbar an den Knorpel stossenden Zellenlagen in die Bildung gefässführenden Bindegewebes eintreten, das dazu bestimmt ist, gleichzeitig die Gefässpapille des Hautzahnes und das Perichondrium darzustellen. Dieses Bindegewebe schlägt sich an dem unteren Rande der Odontoblastenschicht sattelförmig um und hüllt so, indem auch die aussen gelegenen Spindelzellen Bindegewebe bilden, die Odontoblasten allseitig ein. In einem nächsten Stadium beginnt die Odontoblastenschicht zuerst an der Spitze einen sich sehr schnell über die ganze Oberfläche des Flossenstrahles herüberziehenden Dentinmantel zu bilden. Entsprechend der eigenthümlichen Lage der Odontoblasten zu ihrer Papille erfolgt diese Ablagerung aber nicht an der Oberfläche der Schicht, sondern in ihre[r] Mitte, so dass die Schicht durch das von ihr gebildete Dentin in zwei Lamellen gespalten wird, die an dem unteren Rande des Dentins in einem Ringe wieder sattelförmig mit einander communiciren. . . . . Im weiteren Wachsthum eilt nun der Stachel der Flosse voraus. Hierdurch hebt er die Haut, durchbohrt sie aber nicht eigentlich, sondern reisst sich mit der Hautdecke, die ihn bis zur Spitze an seinen Vorder- und den Seitenflächen überzieht, von der Flosse in der hinteren Region der äusseren Odontoblastenlamelle vor." Diese nicht ganz leicht verständliche Schilderuug bezieht sich auf die Entwicklung des von mir als Stamm bezeichneten Theiles des Stachels. Sie ist, wie sich bei einem Vergleich mit meinen Befunden herausstellen wird, nicht aus Beobachtungen an einer fortlaufenden Reihe von Entwicklungsstadien abgeleitet, sondern augenscheinlich aus der Anatomie des ausgebildeten Stachels construirt. B. fährt dann fort: „Nun beginnt in diesem Hautzipfel, dessen Placoidodontoblasten mit denen des Stachels, jetzt also mit der äusseren Lamelle in Communication getreten sind, von der Spitze her die Placoidbildung. Die etwas schwierigen Verhältnisse dieses Placoids sind wohl so zu deuten, dass wir es uns als eine halbe kolossale Placoidschuppe des Hertwig'schen Schemas vorstellen, in deren Pulpa der Flossenstachel liegt. . . . . Wenn an der Spitze im Fortschritt des Wachsthums sich das Placoiddentin in immer grösserer Ausdehnung an das Dentin des Stachels anlegt, obliterirt die zwischen ihnen befindliche Pulpahöhle bis auf die Gefässcanäle, die dann die Grenze zwischen den beiden Dentinarten noch im fertigen Stachel bezeichnen."

Endlich ist noch zu erwähnen, dass Paul Mayer (1886) in seiner Abhandlung über die unpaaren Flossen der Selachier zwei Abbildungen giebt, welche Entwicklungsstadien des Stachels von *Centrophorus* (?)

darstellen (tab. 17, fig. 15 u. 21), und ferner einen Querschnitt durch den unteren Theil der Stachelanlage von *Centrina* (tab. 17, fig. 20).

Meine Untersuchungen betreffen im Wesentlichen Stacheln von vier verschiedenen Entwicklungsstadien, die der Kürze halber mit den Buchstaben A—D bezeichnet werden sollen. Sie umfassen den Theil der Stachelentwicklung von dem ersten Eintritt der Veränderungen in Epidermis und Corium bis zur fertigen Anlage der im ausgewachsenen Zustande vorhandenen Theile. Durch Stacheln auf diesen verschiedenen Stufen der Entwicklung wurden theils Längs-, theils Längs- und Querschnitte angefertigt, welche das Stadium ihres inneren Baues sowie die Verfolgung der nach und nach eintretenden Veränderungen, Neubildungen u. s. w. ermöglichten. Liessen sich die jüngeren Stacheln, besonders diejenigen des Stadiums A, bei dem gänzlichen Mangel jeglicher Hartsubstanz ohne weiteres einbetten und schneiden, so erwies es sich für die älteren als nothwendig, sie vorher mit Hülfe von salpetersaurem Alkohol (1 Vol. reine Salpetersäure auf 9 Vol. 70-proc. Alkohol) zu entkalken.

Die Tinction bestand zunächst nur in einer Durchfärbung mit Mayer'schem Carmin; da sich dieselbe aber als unzureichend herausstellte, so wurde von Stadium B an noch nachträglich eine Schnittfärbung mit Hämatoxylin und Fuchsin, versuchsweise auch mit Thionin und Fuchsin vorgenommen. Die Einbettung geschah in Paraffin; nur für die Anfertigung der schon verhältnissmässig grossen Längsschnitte durch einen Stachel vom Stadium D erwies sich eine solche in Photoxylin als brauchbarer.

In Fig. 13 auf Taf. 47 ist ein medianer Sagittalschnitt durch den vor der Rückenflosse eines *Acanthias* vom Stadium A gelegenen Theil abgebildet. Unmittelbar vor der Flosse liegt eine knopfartige Anschwellung, die man leicht bei äusserer Betrachtung für die Kappe halten könnte, welche die Stachelanlage später umschliesst. Damit hat sie jedoch nichts gemein. Sie verschwindet bald wieder und erst viel später, im Stadium D, tritt die eigentliche Stachelkappe auf, die sich in Folge des Wachsthums des Stachels immer weiter aus dem Körper herauschiebt. Später wird diese Kappe durchbrochen, so dass die Stachelkrone frei wird und die Körperhaut nur noch einen kleinen Wall am Grunde derselben bildet.

In dem eben erwähnten Sagittalschnitt (Taf. 47, Fig. 13) sehen wir das aus einem zellenreichen Bindegewebe bestehende Corium (*cu*) der Flosse, in ihm das obere Ende des Stachelknorpels (*kn*), dessen noch nicht völlig ausgebildetes Knorpelgewebe an der Spitze ohne Grenze in die

Coriumzellen übergeht, und darüber die mehrschichtige Epidermis (*ep*). Diese senkt sich dicht vor dem Knorpel in Gestalt eines durch eine dünne Bindegewebslage von diesem getrennten soliden Zapfens (*so*) tief in das Corium ein [1]). Auch äusserlich macht sich diese Stelle durch eine seichte, sattelförmige Rinne (*er*) bemerklich, welche eben den davor liegenden Theil knopfartig sich absetzen lässt. Etwas trägt zur Vertiefung dieser Rinne noch bei, dass die Epidermis in ihrem Bereiche etwas dünner ist als in der Umgebung. An der dem Knorpel zugewandten Seite des Zapfens sind die Zellen, welche die Fortsetzung der Schleimschicht bilden, etwas höher und bilden eine gegen die übrigen Zellen des Zapfens scharf abgegrenzte Schicht (*se*). Es besteht darin eine Uebereinstimmung mit dem Verhalten, wie wir es bei der Anlage des Schmelzorgans bei Zahnanlagen finden. Spätere Beobachtungen bestätigen denn auch, dass der in das Bindegewebe eindringende Epidermiszapfen das Schmelzorgan und die veränderte Schleimschicht desselben das Schmelzepithel in ihrem ersten Auftreten darstellen. Das dem letzteren anliegende Bindegewebe zeichnet sich vor dem des übrigen Coriums dadurch aus, dass seine Kerne zahlreicher und dichter aneinander gelagert sind. Hinter dem Knorpelstab, mitten im Bindegewebe, bemerkt man ein gegen dieses nicht scharf abgegrenztes Häufchen einer in den Präparaten fast ungefärbt gebliebenen, längsfasrigen Substanz (*fs*). Es ist dies, wie sich mit voller Bestimmtheit erst aus der Untersuchung älterer Stadien ergiebt, die erste Anlage der Hartsubstanz des Stachels. In welchem Verhältniss ihre Fasern zu den Bindegewebsfasern des Coriums stehen, habe ich an den Präparaten dieses Stadiums nicht feststellen können.

Da mir Querschnitte durch das Stadium A fehlen, wende ich mich einem medianen Sagittalschnitt durch die Anlage eines Stachels vom Stadium B zu, das wesentlich älter ist. Die einzelnen Theile haben durch Wachsthum an Länge und Stärke zugenommen (Taf. 47, Fig. 14). Das gilt in erster Linie von dem Knorpelstab (*kn*), der hier wieder die Axe der ganzen Anlage bildet. Die Epidermis (*ep*) ist an Zellenlagen reicher und in Folge dessen dicker geworden, über der Stachelanlage aber noch immer etwas dünner. Die Rinne ist jedoch fast ganz verschwunden und mit ihr der Knopf vor derselben. Das

1) Paul Mayer (1892, p. 280) ist der Erste, der dieses Gebilde erwähnt. Er findet bei *Centrophorus* (?) eine „Hautfalte“, welche sich einstülpt und den Schmelz erzeugt, und bildet sie tab. 17, fig. 15 ab.

Schmelzorgan (*so*) ist bedeutend länger und erstreckt sich bis etwa zur Mitte des Knorpelstabs, hat aber an Dicke nur sehr wenig zugenommen. Das Schmelzepithel (*se*) besteht jetzt aus sehr hohen, sich schwächer färbenden Cylinderzellen, die regelmässig neben einander liegen. Die hinter dem Knorpelstab gelegene Hartsubstanz (*hi*), deren erstes Auftreten wir schon beim Stadium A beobachtet hatten, erstreckt sich tiefer in den Körper hinein und reicht bis etwas über die halbe Länge des Knorpelstabs, also etwa so weit wie auf der Vorderseite das Schmelzorgan. Aber nicht nur an dieser Stelle ist auf diesem Stadium Hartsubstanz vorhanden, sondern solche ist jetzt auch vor dem Knorpelstab, am Schmelzepithel entlang entstanden (*ha*). Sie ist an der Spitze am stärksten entwickelt, wird nach unten hin allmählich schmäler und fehlt am grössten, unteren Theil des Schmelzepithels fast vollständig. Beide Hartsubstanzen, die wir vorläufig als die vordere und die hintere unterscheiden wollen, vereinigen sich an der Spitze mit einander; nur einzelne Bindegewebszellen deuten noch darauf hin, dass hier früher eine Trennung vorhanden gewesen ist. Der zwischen beiden Substanzen liegende Raum ist jetzt als Pulpahöhle (*ph*) zu bezeichnen. In ihrer Axe liegt der Knorpelstab (*kn*), von Bindegewebe und weiten, dünnwandigen Blutgefässen (*bg*) umgeben.

Ein Stachel vom Stadium C lässt auf einem medianen Sagittalschnitt die eben beschriebenen Theile auf einer merklich höheren Stufe der Entwicklung erkennen (Taf. 47, Fig. 15). Der Stachelknorpel (*kn*) zeigt jetzt an Stelle des früher vorhandenen embryonalen Gewebes echtes, ausgebildetes Knorpelgewebe, das von einer bindegewebigen Scheide, dem Perichondrium (*pch*), umgeben ist. Dadurch, dass die Zellen des Knorpels ausserordentlich flachgedrückt sind, erhält derselbe ein sehr eigenthümliches, von dem des gewöhnlichen Knorpels abweichendes Aussehen. Seine Spitze geht noch in prächondrales Gewebe (*pr*) über und dieses in das Bindegewebe der Pulpahöhle, ein Zeichen, dass der Knorpelstab an seiner Spitze noch fortgesetzt wächst.

Die Epidermis (*ep*) hat weiter an Dicke zugenommen; die auf Stadium A vorhandene Rinne sammt der davor liegenden Anschwellung ist jetzt gänzlich verschwunden. Das Schmelzorgan (*so*) ist nach oben hin dünner geblieben, nach unten hin aber stärker geworden. Es setzt sich gegen die Epidermis ziemlich scharf ab und hängt mit derselben nur durch ein schmales, halsartiges Verbindungsstück (*vb*) zusammen, das unter spitzem Winkel zurückgebogen ist.

Das dürfte von einem Zuge herrühren, den der stark nach oben wachsende Stachel auf das Schmelzorgan ausübt.

Die hintere (*hi*) und die vordere (*ha*) Hartsubstanz sind jetzt an der Spitze vollständig mit einander verwachsen und bilden hier einen kleinen, soliden, nur von einzelnen, engen Röhren durchzogenen Kegel. Sie unterscheiden sich nur durch ihr ungleiches Verhalten gegen Farbstoffe, da die hintere sich bedeutend dunkler färbt als die vordere, dem Schmelzepithel anliegende.

Auf diesem Stadium zeigt sich auch zum ersten Male Schmelz (*s*), der als ein feines, dünnes und ungefärbtes Häutchen die vordere Hautsubstanz längs der Innenseite des Schmelzorgans überzieht. Er ist an seiner zarten Querstreifung deutlich als solcher zu erkennen.

Zur Bestätigung und Ergänzung der bis jetzt nur an Längsschnitten gemachten Beobachtungen diene die Betrachtung einer Serie von Querschnitten durch eine Stachelanlage, die einem etwas älteren Stadium als C angehört. Die Serie besteht aus mehreren Hundert Schnitten, daraus habe ich für die Beschreibung die geeignetsten herausgegriffen und gezeichnet. Um einen ungefähren Anhaltspunkt dafür zu haben, wie gross die Entfernung zwischen den einzelnen Schnitten ist, habe ich sie alle der Reihe nach numerirt und gebe der Beschreibung jedesmal die Nummer des betreffenden Schnittes bei.

So stellt Fig. 16 auf Taf. 47 den Querschnitt 5 dar, der durch den vordern Rand der Flosse geht und die Spitze der Stachelanlage getroffen hat. Die Epidermis (*ep*) ist hier nicht gleichmässig dick, sondern grenzt durch zwei seitliche Vorsprünge einen inneren, vom Bindegewebe des Coriums erfüllten Raum ab, der den Querschnitt der Stachelspitze umschliesst. Derselbe hat die Form eines etwas unsymmetrischen Kürbiskernes und ist im Hämatoxylin dunkel blau gefärbt. In der Mitte fallen einige helle Kreise auf, die Querschnitte der oben erwähnten feinen Röhrchen, welche von der Pulpahöhle (*ph*) ausgehen und die Stachelspitze durchsetzen. Der Vorderseite des Stachels liegt ein halbmondförmiges Häufchen von Zellen, die Spitze des Schmelzorgans (*so*), an.

Auf dem nächsten abgebildeten Schnitte (Schnitt 13, Taf. 47, Fig. 17) erscheint die Epidermis (*ep*) durch eine mächtige Wucherung mit dem Stachel verbunden: Das Schmelzorgan ist im Bereiche seines halsartigen Verbindungsstücks (*vb*) mit der Epidermis getroffen. Es zeigt einen hufeisenförmigen Querschnitt und bedeckt nicht nur die ganze Vorderfläche des Stachels, sondern auch noch die seitlichen Theile

der Hinterfläche, so dass nur das mittlere Drittel von dieser frei bleibt und dem Bindegewebe des Coriums unmittelbar anliegt. Der Querschnitt des Stachels ist jetzt etwas grösser geworden, hat aber noch dieselbe Gestalt wie früher. In der Mitte ist an die Stelle der oben vorhandenen Querschnitte zahreicher Röhrchen ein einheitlicher grösserer Hohlraum, eine Pulpahöhle (*pm*), getreten, die mit grossen Zellen erfüllt ist. Ausserdem kommt auf der linken Seite mitten in der Hartsubstanz noch ein anderer kleiner, ovaler Hohlraum (*ps*) zum Vorschein. Die dunkle Färbung des Stachelquerschnitts ist auch hier vorhanden, nur an den Rändern und an den Kanten ist die Färbung heller geblieben.

Auch auf einem der folgenden Schnitte (Taf. 47, Fig. 18, Schnitt 17) bleiben die eben beschriebenen Verhältnisse in Gestalt und Färbung erhalten. Der ganze Querschnitt ist grösser und die Pulpahöhle weiter geworden. Die von Hartsubstanz gebildeten Wände der letzteren sind von Bindegewebe (*bd*) ausgekleidet und in der Mitte liegt prächondrales Gewebe (*pr*), das theilweise von einem Blutgefäss (*bg*) umgeben ist.

Der kleine Hohlraum auf der linken Seite (*ps*) hat sich vergrössert, und auf der rechten Seite ist ebenfalls ein solcher (*ps*) aufgetreten. Auf einem der folgenden Schnitte tritt er mit der inneren Pulpahöhle in Verbindung (Taf. 48, Fig. 19, Schnitt 20). Bemerkenswerth ist der hier und auch schon auf dem vorigen Schnitt hervortretende Färbungsunterschied in den verschiedenen Theilen der Hartsubstanz. Es lässt sich jetzt scharf ein hinterer, nach vorn concaver (*hi*) und dunkler gefärbter von einem vorderen, nach hinten concaven (*ha*), heller gebliebenen Theil unterscheiden.

Sehr wesentliche Veränderungen machen sich in dem Bild, das uns ein Stachelquerschnitt bietet, bemerkbar, wenn wir einen um ein etwas grösseres Stück tiefer geführten Schnitt zur Betrachtung aus wählen (Taf. 48, Fig. 20, Schnitt 38). Das Schmelzorgan (*so*) erscheint jetzt beinahe völlig von der Epidermis (*ep*) losgelöst und hängt nuz noch an den Seiten durch schmale Brücken (*br*) mit derselben zur sammen. Den zwischen ihm und der Epidermis des vorderen Flossenrandes befindlichen Raum nimmt ein von Blutgefässen (*bg*) durchzogenes Bindegewebe (*bd*) ein. An der concaven, inneren Seite des Schmel-organs (*so*) ist das Schmelzepithel (*se*) jetzt charakteristisch ausgebildet. und es liegt ihm ein schmaler, heller Streifen von Schmelz (*s*) an, Die in den seitlichen Theilen des Stachels gelegenen Hohlräume haben sich mit dem mittleren zu einer einzigen Pulpahöhle vereinigt welche eine scharfe Trennung der schon durch ihre Färbung unter-

schiedenen Hartsubstanzen bewirkt. Die dunklere, hintere (*hi*) ist in nahe Beziehungen zu dem die Mitte der Pulpahöhle einnehmenden Knorpel (*kn*) getreten, von dem sie nur durch eine dünne Zellenschicht getrennt ist, und umfasst ihn etwa zur Hälfte. Die hellere, vordere Substanz (*ha*) aber, welche in innigster Verbindung mit dem Schmelzorgan steht, hält mit der Ausdehnung des letzteren fast gleichen Schritt, bildet einen weiten, nach hinten offenen Bogen und umgreift die hintere von beiden Seiten und hinten her so weit, dass diese ganz ins Innere gedrängt wird und nur mit dem mittleren Drittel hervorschaut. Es erscheint daher von nun ab naturgemässer, die vordere Substanz als äussere, die hintere als innere zu bezeichnen.

Auf die Gestalt und die Beziehungen der Pulpahöhle zu ihrer Umgebung sind diese Veränderungen von grossem Einfluss. Sie besteht jetzt aus einem mittleren grösseren Theil von nahezu kreisförmigem und zwei kleineren seitlichen von etwa dreieckigem Querschnitt. Letztere stehen durch enge Spalten (*sp*) zwischen der inneren und äusseren Hartsubstanz mit dem hinter dem Stachel gelegenen Corium der Flosse in Verbindung.

Auf dem sehr viel tiefer gelegten Querschnitt (Schnitt 102, Taf. 48, Fig. 21) steht das Schmelzorgan (*so*) nur noch auf der linken Seite mit der Epidermis in Zusammenhang (*br*), während es auf der rechten Seite schon völlig frei ist. Die Zellen des Schmelzepithels (*se*) haben jetzt etwa ihre grösste Höhe erreicht, auch die Schmelzschicht (*s*) ist etwas dicker geworden und lässt deutlich die Querstreifung erkennen. Die derselben anliegende äussere Hartsubstanz (*ha*) ist dagegen bedeutend dünner und besitzt ein viel lockreres Gefüge, so dass sie auf den ersten Blick fast schaumig erscheint und gegen das angrenzende Bindegewebe nicht mehr scharf abgegrenzt ist. Auch ihre seitliche Ausdehnung ist jetzt relativ geringer, indem an den umgeschlagenen Theilen des Schmelzorgans noch keine Hartsubstanz vorhanden ist.

Die innere Hartsubstanz (*hi*) ist zwar gleichfalls dünner, hat aber an seitlicher Ausdehnung gewonnen und umgreift den mächtigen Knorpelquerschnitt (*kn*) um mehr als die Hälfte.

Die bei dem vorhergehenden Schnitt geschilderte Form der Pulpahöhle und ihre Verbindung mit dem Corium der Flosse (*sp*) tritt jetzt noch deutlicher hervor. Die Blutgefässe bilden weite Lacunen, und das Bindegewebe überzieht nur in einer dünnen Schicht die Hartsubstanzen und den Knorpel.

Verfolgt man schliesslich die Schnitte bis in die untersten Theile

des Stachels hinein, so verlieren diese mehr und mehr ihr festes Gefüge, bis sie zuletzt ganz verschwinden. Zunächst hört der Schmelz auf, und etwas tiefer folgt ihm die äussere Hartsubstanz. Da, wo dies geschieht, ist das Schmelzorgan noch vorhanden und zeigt an der Innenseite noch immer ein gut ausgebildetes Schmelzepithel. Erst ganz allmählich zieht es sich von den Seiten her zurück, so dass die seitlichen Umbiegungen verschwinden und sein Querschnitt sichelförmig erscheint. Schnitt 215 (Taf. 48, Fig. 22) zeigt in einer kleinen Spitze den letzten Rest desselben (*so*). Ist auch dieser verschwunden, so ist nichts als die innere Hartsubstanz (*hi*) mehr vorhanden, welche sehr viel dünner geworden ist und dabei vorn beinahe ganz um den Knorpel (*kn*) herumgreift. Sie erscheint aber, ebenso wie die äussere Hartsubstanz an ihrem unteren Ende, sehr stark aufgelockert und in Folge dessen gegen das anliegende Bindegewebe nicht mehr scharf abgegrenzt. In der Mitte der Hinterseite ist schon eine Lücke in ihr vorhanden, damit beginnt eine Theilung, die zur Bildung zweier getrennter bogenförmiger Stücke führt, welche links und rechts vom Knorpel gelegen sind. Diese Theilung steht unverkennbar in Beziehung zur Annäherung und allmählichen Verschmelzung des Stachelknorpels mit dem dahinter liegenden Flossenknorpel (*kn**). Endlich verschwinden auch die letzten Reste dieser Hartsubstanz, und der ganze Schnitt zeigt nur noch Knorpel und Bindegewebe, das sich im inneren Raum der Flosse verliert.

Das älteste Embryonalstadium, das mir zu Gebote stand, ist das nunmehr zur Untersuchung gelangende Stadium D. Es ist zwar bedeutend älter als C, doch ist auch hier die Spitze des Stachels nicht frei, sondern noch von einer dicken Epidermiskappe (*sk*) bedeckt. Auf Taf. 49, Fig. 28 ist ein medianer Sagittalschnitt durch denselben dargestellt, und zwar bei schwächerer Vergrösserung, um ein gutes Uebersichtsbild von dem Stachel und den ihn umgebenden Theilen der Flosse geben zu können.

Der Flossenknorpel (*kn**) trägt an seinem vorderen Ende den ohne Grenze in ihn übergehenden Knorpelstab (*kn*) des Stachels. Derselbe verjüngt sich nach oben allmählich und geht an seiner Spitze noch in prächondrales Gewebe (*pr*) über.

Die Hartsubstanzen sind im Allgemeinen mächtiger geworden, besonders an der Spitze ist eine starke Dickenzunahme derselben zu bemerken. Andererseits erstrecken sie sich tiefer in den Körper hinein und bekleiden den Stachelknorpel seiner ganzen Länge nach. An der

Spitze herrschen in Bezug auf die Vertheilung der Hartsubstanzen ähnliche Verhältnisse wie auf dem Stadium C, weiter unten haben sich dieselben jedoch wesentlich geändert. Zwischen die untere Hälfte der äusseren (vorderen) Substanz und die Vorderseite des Knorpelstabs schiebt sich eine neue, von beiden durch Bindegewebe getrennte Schicht von Hartsubstanz (*hi**) ein, die sich nach unten hin weit über den Bereich des Schmelzorgans hinaus fortsetzt und hier die Vorderseite des Stachelknorpels bekleidet. Auf der Hinterseite des Knorpels reicht die (innere) Hartsubstanz in einer zusammenhängenden Schicht von der Spitze bis zu der Stelle, wo der Knorpelstab mit dem Flossenknorpel zusammenhängt. Durch die vor der unteren Hälfte des Knorpelstabs liegende Hartsubstanzschicht sind in der Beziehung der Pulpahöhle zum Corium der Flosse complicirtere Verhältnisse hervorgerufen worden. Sie steht nicht mehr einfach mit ihrem unteren Ende in offenem Zusammenhang mit demselben, sondern besitzt jetzt ausser dem Raum um den Knorpelstab herum noch einen schmalen Verbindungsspalt, der sich am unteren Ende des Schmelzorgans öffnet.

Wir überblicken jetzt auch die ganze Anordnung der Epidermis und der bei der Bildung des Stachels betheiligten Theile derselben und finden dabei die früher gemachten Beobachtungen völlig bestätigt. Sie überzieht den Flossenrand in gleichmässiger Dicke und bedeckt eine grosse Anzahl regelmässig angeordneter Schuppenanlagen (*pl*). An der Spitze des Stachels verdickt sie sich sehr stark und erzeugt, indem sie sich unter Bildung zahlreicher Falten, Leisten und Zapfen stark zusammenschiebt, die „Schutzkappe“ (*sk*). Dieselbe erscheint äusserlich als eine knopfartige Anschwellung, welche durch eine tiefe Rinne (*r*) von der dahinter liegenden Flosse getrennt ist. An ihrer hinteren Wand ist die Epidermis sehr dünn, nimmt dann aber rasch wieder ihre normale Dicke an.

Das Schmelzorgan (*so*) mit seinem hohen Schmelzepithel (*se*) erscheint als ein langes, schmales Band, das etwa bis zur Mitte des Stachels reicht. Es hat seinen ursprünglichen Zusammenhang mit der Epidermis in unveränderter Weise bewahrt.

Bemerkenswerth ist noch das Verhalten des Pigments (*pi*). Dasselbe findet sich in sternförmigen Zellen, die theils (ziemlich spärlich) in den oberen Schichten der Epidermis, theils in grösserer Menge unmittelbar unter dieser in den obersten Schichten der Cutis liegen. Die stärkste und für uns interessanteste Ausbildung erlangt es in dem Bindegewebe, welches der hinteren Seite und vor allem dem unteren Ende des Schmelzorgans anliegt. Die Spitze des Stachels lässt es

frei, beginnt erst in einer gewissen Entfernung unterhalb derselben und nimmt nach unten hin allmählich an Dicke zu. Am unteren Ende des Schmelzorgans bildet es eine mächtige Ansammlung, die sich, allmählich wieder an Stärke abnehmend, tief in das darunter liegende Bindegewebe hinabzieht. Soweit äussere Hartsubstanz entwickelt ist, liegt das Pigment in der oberflächlichen Schicht derselben. Im Schmelzorgan sind nur wenige Pigmentzellen vorhanden; das Schmelzepithel bleibt ganz frei davon.

Die dem eben beschriebenen Längsschnitt entsprechenden Querschnitte entnehme ich einer Serie von mehreren hundert Schnitten, welche, wie oben schon erwähnt, nur von vorher entkalkten Stacheln erhalten werden konnten. Dabei war es mit der grössten Sorgfalt nicht zu vermeiden, dass die Hartsubstanzen Schrumpfungen und Zerreissungen erlitten, doch ist die Form dabei nicht wesentlich verändert worden, und auf den feineren Bau sind die Störungen ohne Einfluss geblieben.

Diese Querschnitte entsprechen im Grossen und Ganzen denen des Stadiums C; sie zeigen im Allgemeinen eine stärkere Entwicklung, in den tieferen Theilen daneben auch eine etwas andere Anordnung.

Der abgebildete Querschnitt durch die Spitze (Schn. 25, Taf. 49, Fig. 29) gleicht, was Form und Grösse anbetrifft, wesentlich den Schnitten Taf. 47, Fig. 18, und Taf. 48, Fig. 19 des vorhergehenden Stadiums; nur ist in ihm keine Pulpahöhle vorhanden, sondern sie erscheint durch eine compacte Substanz ersetzt, die blos von einer Anzahl enger Canälchen durchbrochen ist. Von diesen gehen sehr viele, stark geschlängelte, verzweigte und nach allen Richtungen gegen die Oberfläche hin verlaufende Dentinröhrchen aus.

Die auf den Querschnitten des jüngeren Stadiums deutlich hervortretende Zusammensetzung aus einer vorderen und einer hinteren Hartsubstanz kommt hier in der ungleichen Färbbarkeit der Theile deutlich zum Ausdruck: ein etwa den Umrissen der Pulpahöhle in Taf. 48, Fig. 19 entsprechender Kern hat sich dunkel gefärbt, die oberflächliche Zone aber und besonders deutlich ein hinteres bogenförmiges Stück, das nach Form und Lage der hinteren Hartsubstanz des Stadiums C entspricht, sind äusserst blass geblieben.

Auch die Beziehungen des Schmelzorgans (*so*) sind die gleichen geblieben wie dort: es legt sich der ganzen vorderen Fläche[1]) und

1) Der in den Figg. 29—32 (*ho*) vorhandene Spalt zwischen der vorderen Fläche des Stachels und dem Schmelzorgan ist durch die oben erwähnte Schrumpfung entstanden.

den beiden seitlichen Dritteln der Hinterfläche des Stachels an, während das mittlere Drittel davon unbedeckt bleibt und an das Corium (*cu*) der Flosse angrenzt. Das Epithel an der concaven Seite des Schmelzorgans unterscheidet sich noch nicht wesentlich von der Schleimschicht. Die zahlreichen Falten und Leisten der mächtig entwickelten Epidermis, die nur einen engen, vielfach verzweigten und mit Bindegewebe erfüllten Raum zwischen sich frei lassen, gehören der „Schutzkappe“ an. Einige dieser Falten und Wülste begleiten den Stachel weiter nach unten, nur beschränken sie sich dort mehr und mehr auf die hintere Seite desselben.

Der Querschnitt Taf. 49, Fig. 30 (Schn. 97) ist beträchtlich grösser als der vorige, wiederholt uns aber in Bezug auf das Verhalten der von ihm umschlossenen Hohlräume ein ähnliches Bild wie der Schnitt Taf. 47, Fig. 18 des Stadiums C: es sind drei Hohlräume vorhanden, ein mittlerer grösserer (*pm*) und zwei seitliche kleinere (*ps*), ersterer von ovalem, letztere von rundlich-dreieckigem Querschnitt. Wiederum erkennen wir eine blasse Aussenzone, sowie besonders deutlich einen blassen Bogen, dessen mittlerer Abschnitt an das Bindegewebe (*cu*) der Flosse grenzt; nach Grösse und Gestalt entsprechen dieselbe etwa den Hartsubstanztheilen, welche wir auf dem Stadium C im Schnitt Fig. 20 (Taf. 48) beobachtet haben. Während aber dort ein zusammenhängender Hohlraum vorhanden war, sind es hier drei, und das rührt daher, dass eben die dunkel sich färbende, von Dentinröhren durchzogene Substanz, welche im Schnitt Fig. 29 den Hohlraum ganz ausgefüllt hatte, hier nur einen dicken Wandbeleg erzeugt hat, der von dem Hohlraum die weitesten Theile in der Mitte und an den beiden Seiten frei lässt. Es ist zu beachten, dass dieses Dentin in den Seitenhöhlen nicht nur die von der „vorderen Hartsubstanz“ ursprünglich allein gebildete Hinter- und Seiten-, sondern auch die Innenwand bildet und so einen Ueberzug über die seitlichen Theile der „hinteren Hartsubstanz“ liefert. Auch ein paar dunkle Linien (*n*), welche die Vorderecken der Seitenhöhlen mit der Mittelhöhle jederseits verbinden, sind von Interesse, indem sie die Naht darstellen, in welcher sich die Dentinlagen der gegenüber liegenden Wände in diesen engsten Theilen der früher vorhandenen Pulpahöhle vereinigt haben [1]).

1) In meinen Präparaten ist häufig zwischen dem Dentin der Mittelschicht und der „hinteren Hartsubstanz“, an der concaven Seite der letzteren eine Grenzlinie sichtbar, manchmal streckenweise sogar ein offener Spalt (s. besonders Taf. 49, Fig. 30 u. 31). Ich glaube, dass es sich hier um eine Wirkung der Entkalkung handelt.

Je weiter wir in der Reihe der Querschnitte gegen die Basis herabsteigen, um so mehr nimmt die Mächtigkeit der Dentinlagen ab, während theils hierdurch, theils in Folge der grösseren Dicke des Stachels die Hohlräume weiter werden und an Stellen zum Vorschein kommen, wo sich näher der Spitze Dentin befand. So sehen wir in Fig. 31 (Taf. 49) die Seitenhöhlen (*ps*) als zwei grosse, dreieckige Räume ausgebildet und die Mittelhöhle (*pm*) als eine grosse Oeffnung, welche durch einen engen Hals mit einer kleinen, sichelförmigen Höhle in Verbindung steht. Die Spitzen dieser letzteren sind von denen der Seitenhöhlen nur durch schmale Dentinbrücken getrennt, und auf der rechten Seite ist in diese noch wiederum ein kleinerer Hohlraum (*pc*) eingeschlossen.

Eine sorgfältige Durchmusterung der sich anschliessenden Schnitte lehrt, dass zwischen der Mittel- und den Seitenhöhlen eine Verbindung hergestellt wird durch ein netzförmiges System engerer und weiterer Canäle, welche zum grossen Theil in der Richtung senkrecht zu den Querschnitten verlaufen und auf diesen dann als ovale Oeffnungen erscheinen (*pc*), theilweise aber auch in die Schnittebene fallen und dann enge Verbindungsgänge zwischen den Längscanälen darstellen. Es ist nicht länger zweifelhaft, dass wir hier das schon bei der Betrachtung des ausgewachsenen Stachels im Mantel angetroffene Canalnetz vor uns haben. Ferner aber geht aus unseren Beobachtungen hervor, dass dasselbe den beim Dentinbildungsvorgang zurückbleibenden Rest desjenigen Theils der Pulpahöhle darstellt, welche zwischen der „inneren“ und der „äusseren“ Hartsubstanz gelegen war. Nur in einer Beziehung besteht noch ein Unterschied gegenüber dem Verhalten im fertigen Stachel: das äussere Canalnetz steht mit der von der „inneren Hartsubstanz“ umschlossenen Mittelhöhle noch im Zusammenhang, was sich später nicht mehr nachweisen liess.

Diesen Zustand finden wir auf den Schnitten durch noch tiefere Theile des Stachels erreicht (Taf. 49, Fig 32, Schnitt 310). Hier ist das Canalnetz im Wesentlichen fertig ausgebildet. Wir sehen die Querschnitte einer ansehnlichen Zahl von Längscanälen (*pc*), namentlich auf der linken Seite sehr regelmässig angeordnet; rechts sind sie etwas grösser und in der Mitte durch Quercanäle verbunden. Die „Seitenhöhlen“ (*ps*) sind noch geräumig und von dreieckigem Querschnitt; es sind in nuce die „Randcanäle“, die gegenüber den anderen Canälen auch im ausgebildeten Stachel sich durch grössere Weite auszeichnen. Die Mittelhöhle (*pm*) aber ist in diesem Theil des Stachels von dem Canalnetz abgeschlossen, und das ist, wie uns das Verhalten der sie

umgebenden, blass gefärbten Substanz zeigt, dadurch zu Stande gekommen, dass die „innere Hartsubstanz", welche im oberen Theil des Stachels eine flach rinnenförmig gebogene Platte darstellte, sich mit zunehmender Grösse immer mehr zusammenkrümmte (Taf. 49, Fig. 29—31) und sich nunmehr durch Vereinigung ihrer vorderen Ränder zu einem Rohr geschlossen hat, dessen Querschnitt die Gestalt eines Ringes zeigt (Taf. 49, Fig. 32). Es muss besonders hervorgehoben werden, dass der geschilderte Verschluss der Mittelhöhle nicht durch Dentinanlagerung an der Oeffnung herbeigeführt wird, sondern in der soeben angegebenen Weise.

Diese Präparate liefern uns die Erklärung für die an dem Längsschnitt Taf. 49, Fig. 28 getroffene Anordnung der Hartsubstanz. Die dort die Vorderfläche des Knorpels bekleidende Schicht *hi** ist nichts anderes als der mediane Längsschnitt durch die Vorderwand des Hartsubstanzrohres, welche im oberen Theil des Stachels fehlt, wo statt des Rohres eine vorn offene Rinne vorhanden ist. Da der Längsschnitt einem etwas jüngeren Stachel entnommen ist — vielleicht demjenigen der vorderen Rückenflosse desselben Embryos, dessen hintere Rückenflosse den in Querschnitte zerlegten Stachel geliefert hat[1]) —, so finden wir auf ihm statt des Canalnetzes noch einen ununterbrochenen Spalt, der die Mittelhöhle mit der Cutis der Flosse verbindet.

Unsere Querschnitte führen uns in dieser Beziehung ein Zwischenstadium vor: die oben geschilderten Canäle reichen dort noch nicht bis an das Unterende des Schmelzorgans und der dieses begleitenden äusseren Hartsubstanz hinab, sondern sie werden, je weiter wir in den Schnitten nach unten fortschreiten, um so grösser (Fig. F, Schnitt 502), fliessen unter einander zusammen und bilden schliesslich eine zusammenhängende Höhle (Fig. G, *m*, Schnitt 631). Anfangs ist diese noch allseitig abgeschlossen (Fig. F), bald aber sehen wir an der Hinterseite jederseits einen Spalt, der dadurch zu Stande gekommen ist, dass die äussere Hartsubstanz die innere nicht mehr berührt. Es liegt hier ein Zustand vor, der völlig demjenigen entspricht, welchen wir auf dem jüngeren Stadium (Taf. 48, Fig. 20 u. 21) in dem ganzen unteren Theil des Stachels gefunden haben.

Betrachtet man die Reihe der Querschnitte, in der diese Unterschiede zum Vorschein kommen, genauer, so sieht man, dass zunächst

---

1) Der Stachel der hinteren Rückenflosse, welcher beim erwachsenen *Acanthias* grösser ist als der der vorderen, ist auch in der Entwicklung diesem immer um ein gutes Stück voraus.

die Dentinanlagerung an Mächtigkeit abnimmt, bis sie ganz aufhört, und zwar verschwindet zuerst die Schicht, welche die Hinterwand der Seitenhöhle bekleidet, und an der Seitenwand schreitet die Entblössung ganz allmählich in der Richtung von hinten nach vorn hin fort. Ganz in derselben Weise schwindet noch weiter unten auch die äussere Hartsubstanz; zuerst derjenige Theil, welcher den umgeschlagenen Lappen des Schmelzorgans anliegt und die Seitenhöhlen

Fig. F.

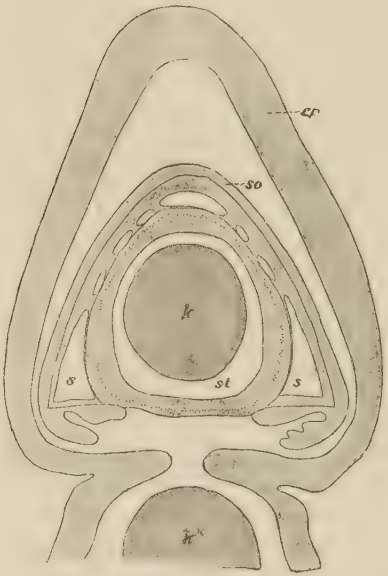

Fig. G.

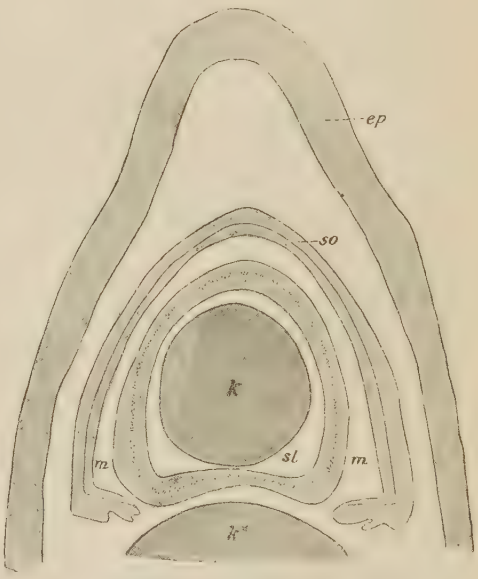

Fig. F. Querschnitt durch die Stachelanlage eines älteren *Acanthias*-Embryos, im Bereich der Krone (Schnitt 502). *ep* Epidermis, *k* Stachelknorpel, *k** Flossenknorpel, s Seitenhöhlen, *so* Schmelzorgan, *st* Hohlraum des Stammtheils.

Fig. G. Querschnitt durch die Stachelanlage eines älteren *Acanthias*-Embryos. Unteres Ende der Krone (Schnitt 631). *ep* Epidermis, *k* Stachelknorpel, *k** Flossenknorpel, *m* Mantelhöhle, *so* Schmelzorgan, *st* Hohlraum des Stammtheils.

nach hinten abschliesst, dann die hinteren Theile der Seitenwände, und zuletzt bleibt nur vorn ein bogenförmiges Stückchen liegen. Noch später als die äussere Hartsubstanz verschwindet das Schmelzorgan; aber auch dieses zieht sich von hinten nach vorn allmählich zurück; seinen letzten Rest sehen wir in Fig. H. Die Erkenntniss dieser Gesetzmässigkeit ist werthvoll für die Untersuchung der Histogenese der äusseren Hartsubstanz; denn danach schreitet der Process ihrer Bildung offenbar nicht nur von oben nach unten, sondern auch von vorn

nach hinten fort. Wir können erwarten, eine fortlaufende Reihe von Stadien nicht nur auf Längsschnitten hinter einander, sondern auch auf Querschnitten neben einander zu finden. Letztere zeigen uns an der vorderen Kante den ältesten, an den hinteren Rändern den jüngsten Zustand der Gewebe und dazwischen alle Uebergangsstufen.

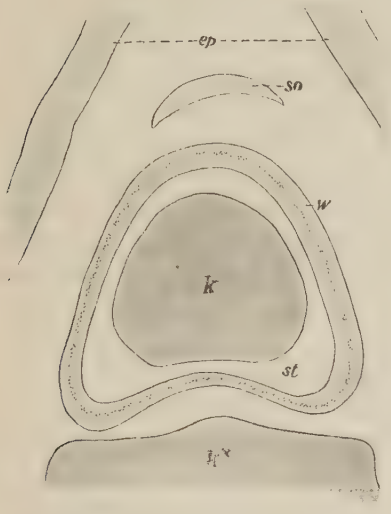

Fig. H. Querschnitt durch die Stachelanlage eines *Acanthias*-Embryos im Bereich des oberen Theils der Wurzel. *ep* Epidermis, *k* Stachelknorpel, *k** Flossenknorpel, *so* Schmelzorgan, *st* Hohlraum des Stammtheils, *w* Hartsubstanz.

Auf den Querschnitten, in welchen die äussere Hartsubstanz und das Schmelzorgan verschwinden, und weiter unten besteht die innere Hartsubstanz als ein den Knorpelstab umhüllender Ring fort. Sie ist, wie auch an der ihr entsprechenden Wurzel des fertigen Stachels, an der Hinterseite schwächer und nimmt nach unten hin sehr langsam an Stärke ab. Ihr unterstes Ende war in den Präparaten leider nicht erhalten.

Auf Grund der vorstehend geschilderten Beobachtungen an Längs- und Querschnitten von *Acanthias*-Stacheln verschiedenen Alters lässt sich ein klares Bild von der Entwicklung derselben gewinnen.

Der Stachel entsteht über der Spitze des ersten bezw. zweiten Knorpelstrahls [1]) der Rückenflosse. Dieser hat die Gestalt eines schlank kegelförmigen Stabes und ist ein Fortsatz des grössten Knorpelstücks der Flosse. Er wächst an seiner Spitze sehr lange Zeit fort, indem sich aus dem Bindegewebe am oberen Ende der Pulpahöhle zuerst prächondrales Gewebe bildet, das sich dann in ein echtes, aber durch einen etwas eigenthümlichen Bau ausgezeichnetes Knorpelgewebe umwandelt. Im fertigen Stachel ist kein prächondrales Gewebe mehr vorhanden, der Knorpel reicht hier aber auch nicht bis zur Spitze der

1) Vgl. Paul Mayer, 1886, p. 280. Ich kann Mayer's Angabe bestätigen, dass vor dem Stachelknorpel in der hinteren Rückenflosse noch ein anderer Knorpelstrahl liegt, in der vorderen nicht.

Pulpahöhle, sondern der oberste Abschnitt derselben ist (in einer Ausdehnung von etwa 1 cm) von gallertigem Bindegewebe ausgefüllt.

Die ersten Vorgänge, welche zur Bildung des Stachels führen, vollziehen sich wahrscheinlich in der Epidermis. Von dieser dringt unmittelbar vor der Spitze des Knorpelstrahls ein Schmelzorgan in Gestalt eines auf dem Querschnitt halbmond- oder bohnenförmigen Zapfens in das Corium der Flosse ein und legt sich von vorn dem Knorpelstab an; nur eine dünne Lage von Bindegewebszellen trennt es von diesem. Ich musste sagen, das sei wahrscheinlich die erste Anlage, weil auf dem jüngsten von mir untersuchten Stadium bereits die Anfänge der Hartsubstanz zu erkennen waren, allerdings noch so klein im Vergleich mit dem Schmelzorgan, dass man wohl schwerlich einem Irrthum ausgesetzt ist, wenn man jene für jünger als dieses erklärt.

Die ersten Anfänge der Hartsubstanz finden sich dicht hinter der Spitze des Knorpelstrahls inmitten des Bindegewebes, als ein kleines Häufchen von blassen Fasern. Allmählich breitet sich dieses nach unten und nach den Seiten hin aus und nimmt die Gestalt einer rinnenartig gekrümmten Platte an, welche mit ihrer nach vorn gekehrten Concavität den Knorpel von hinten umfasst. Indem diese Platte nach und nach über den Knorpel hinwegwächst, wird sie nach unten hin allmählich immer breiter, bis zuletzt ihre Ränder vor der vorderen Fläche desselben zusammentreffen und verschmelzen, so dass die Rinne nach unten hin in ein den Knorpel ringsum einschliessendes Rohr sich fortsetzt, etwa so wie der Schaft eines eisernen Geräthes, z. B. eines Spatens, in die zur Aufnahme des Stieles bestimmte Hülse übergeht.

Etwa um die gleiche Zeit, wo diese hintere Platte sich anlegt, tritt auch an der dem Knorpelstrahl zugewandten Seite des Schmelzorgans, also vor dem Knorpel, Hartsubstanz auf, welche der concaven Fläche des Schmelzorgans unmittelbar anliegt und in Folge dessen gleichfalls eine rinnenförmige Platte darstellt, deren concave Seite aber nach hinten gekehrt ist. Ihre Krümmung ist etwas flacher, und indem nun die beiden Rinnen sich dicht an einander legen, fügt sich die vordere wie ein Deckel auf die hintere und erzeugt mit ihr zusammen auch in dem oberen Theil des Stachels ein Rohr. Indem aber die vordere Platte auf beiden Seiten über die hintere hinausgreift, entsteht unter ihren Rändern jederseits eine von ihr und von der hintern Platte begrenzte Furche. So werden durch die Bildung dieser beiden Hartsubstanzplatten aus dem Bindegewebe der Flosse drei Hohlräume abgegrenzt, ein mittlerer (*m*),

welcher durch die beiden Platten abgeschlossen ist, und zwei seitliche (*s*), welche ursprünglich nach hinten offne Furchen darstellen. Im Verlauf des weiteren Wachsthums aber, in welchem das Schmelzorgan mit einer entsprechenden Veränderung seiner Gestalt vorangeht, erhält die hintere Platte jederseits einen unter spitzem Winkel an sie angefügten Fortsatz, welcher sich über den Eingang der Seitenfurchen *s* legt und dadurch auch diese verdeckt, so dass schliesslich drei von dem umgebenden Corium getrennte Hohlräume, eine Mittelhöhle und zwei Seitenhöhlen entstehen. Auf dem jüngsten der von mir auf Querschnitten untersuchten Stadien waren dieselben in den obersten Theilen des Stachels schon in dieser Weise von einander getrennt. Berücksichtigt man jedoch die Thatsache, dass diese Trennung dort nur auf einer sehr kurzen Strecke besteht und in der weiteren Entwicklung immer mehr nach unten hin sich ausbreitet, so kann man wohl kaum daran zweifeln, dass hier noch nicht das früheste Stadium zur Beobachtung gekommen ist. Es ist also sehr wahrscheinlich anzunehmen, dass auf diesem die vordere und die hintere Platte einander nur sehr genähert sein und eine Verbindung der Seitenfurchen *s* mit der Mittelhöhle *m* gestatten würden, gerade wie auf den unteren Theilen dieses Stachels und älterer (Taf. 48, Fig. 20, 21) die drei Hohlräume über die Ränder der hinteren Platte hinweg mit einander zusammenhängen.

Das Verhältniss der drei Hohlräume zu einander ändert sich nun in den unteren Stacheltheilen dadurch, dass die hintere Platte sich dort zu einem Rohr schliesst. In Folge dessen erscheinen die Seitenhöhlen zu einer einzigen engen Höhle verbunden, welche von der Mittelhöhle ganz getrennt ist. In dieser erkennen wir jetzt die Höhle des Stammtheils des fertigen Stachels, während die verschmolzenen Seitenhöhlen die Grundlage des Canalnetzes des Mantels darstellen. Ich werde letztere daher im Folgenden als Mantelhöhle bezeichnen und die abgeschlossene Mittelhöhle Stammhöhle nennen.

Zu diesen ursprünglichen Bestandtheilen, die bei aller Ausdehnung, welche sie im fertigen Stachel erreichen, stets nur eine geringe Mächtigkeit bewahren und zu allen Zeiten durch die von Anfang an beobachtete blasse Färbung, d. h. geringe Färbbarkeit in Carmin und Hämatoxylin, ausgezeichnet bleiben, kommt nun im Laufe der Entwicklung eine Substanz, welche sich, obwohl sie nicht durch eine scharfe Grenze von jenen getrennt werden kann, durch gewisse Eigenschaften in einen recht scharfen Gegensatz dazu stellt. Sie färbt

sich in Hämatoxylin dunkel, erlangt an manchen Stellen eine bedeutende Mächtigkeit und ist stets von zahlreichen, baumartig verästelten Röhrchen durchzogen. Sie kann ohne jede Einschränkung und ohne jedes Bedenken als Dentin bezeichnet werden.

Die Bildung des Dentins beginnt wie die der beiden primären Platten an der Stachelspitze und schreitet von dort allmählich basalwärts fort. In dem jüngsten Stachel, welchen ich in Querschnitte zerlegt habe (Taf. 47, Fig. 16 ff.), ist wahrscheinlich an der Spitze schon etwas Dentin vorhanden; wenigstens lassen die deutlich erkennbaren Dentinröhrchen (Fig. 16) darauf schliessen, wenn auch ein Färbungsunterschied, namentlich gegenüber der hinteren Platte, nicht sehr deutlich ausgesprochen ist. Im weiteren Verlauf erzeugt das Dentin einen Ueberzug, welcher alle Theile der Stachelhöhle auskleidet, nach und nach durch fortgesetzte Ablagerung an Dicke zunimmt und dadurch die Höhle mehr und mehr ausfüllt. Nahe der Spitze, wo die Hohlräume nur eine sehr geringe Weite hatten, sind sie schon sehr frühzeitig von Dentin ausgefüllt, weiter unten aber werden sie erst spät und unvollständig verdrängt. Bei einem Blick auf die Querschnitte ist nicht zu verkennen, dass durch die zunehmenden Dentinmassen zuerst die engsten Theile der Hohlräume einen vollständigen Verschluss erleiden, während die weitesten am längsten, theilweise dauernd, offen bleiben; so die Stammhöhle, welche als Stammpulpa, und die Randtheile der Seitenhöhlen, welche als Randcanäle der Mantelpulpa, abgesehen von der Spitze, auch im fertigen Stachel fortbestehen. Andererseits aber überzeugt man sich leicht, dass die grössere oder geringere Weite allein nicht maassgebend ist, sonst würden nur die weitesten Räume übrig bleiben, während sich thatsächlich auch viel engere erhalten, nämlich das ganze Canalnetz des Mantels. Der Umstand, dass jeder dieser Canäle ein oder ein paar Blutgefässe umschliesst, weist darauf hin, dass die Anordnung des Blutgefässnetzes, das uns schon so früh mächtig entwickelt in der Stachelhöhle entgegentritt, für die Ausbreitung des Dentins in den engeren Theilen derselben entscheidend ist, indem die Anwesenheit eines Gefässes, wahrscheinlich vermöge des in ihm herrschenden Druckes, die Dentinbildung an der entsprechenden Stelle hemmt oder verhindert.

Weitaus die grösste Mächtigkeit erlangt das Dentin an der Innenwand der Stammhöhle: es liefert die aus vielen concentrischen Schichten aufgebaute innere Dentinlage des Stammes, die wir auf den Querschliffen des ausgebildeten Stachels beobachtet haben. Im Vergleich damit bleibt es im Bereiche der Mantelhöhle stets sehr schwach;

nur in der Umgebung des Randcanals wird es verhältnissmässig stark. Die dem Stamm zugekehrte, innere Dentinwand der Mantelhöhle bleibt immer dünner als die äussere, welche die Bekleidung der „vorderen Platte“ liefert, und auch im fertigen Stachel findet man das Canalnetz nur durch eine dünnere Dentinlage vom Stamme getrennt. Immer aber ist diese deutlich nachweisbar, und besonders muss ich nachdrücklich betonen, dass sie nach meinen Beobachtungen ganz unzweifelhaft dem Mantel angehört, nicht dem Stamm, wie Benda geglaubt hat. Andererseits ist aber auch daran nicht zu zweifeln, dass die Aussenseite der „inneren Platte“ einen eigenen Dentinüberzug, die äussere Dentinlage des Stammes, erhält. Seine Bildung muss stattfinden, ehe diejenige der inneren Dentinlage des Mantels beginnt, und in dem Augenblick, wo diese eintritt, beziehungsweise an dem Ort, der von dem wie alle Hartsubstanzen des Stachels basalwärts sich ausbreitenden Manteldentin erreicht wird, muss sie abgeschlossen sein. Nur dadurch lässt sich das Zustandekommen einer deutlichen Grenzlinie zwischen der äusseren Dentinlage des Stammes und der inneren Dentinlage des Mantels erklären.

Die hintere Platte, die Grundlage des Stammes, übertrifft in der Geschwindigkeit ihres Wachsthums die vordere Platte, die Grundlage des Mantels, erheblich, und so ragt bald ein ansehnlicher Theil des ersteren unterhalb des letzteren hervor. Derjenige Abschnitt des Stammes, der dauernd vom Mantel entblösst bleibt, ist die „Wurzel“, der vom Mantel bekleidete Abschnitt die „Krone“ des ausgebildeten Stachels.

Einen, jedenfalls was die Masse anbetrifft, sehr untergeordneten Antheil an der Bildung des Stachels nimmt der Schmelz, trotz der Anwesenheit eines sehr grossen Schmelzorgans. Dass der Schmelz sich nicht früher bildet als die anderen Hartsubstanzen, kann man an diesem Object mit voller Sicherheit nachweisen. Während die ersten Anfänge der hinteren Platte schon ganz deutlich sind, ist von Schmelz noch keine Spur zu erkennen, und das darf man nicht auf Rechnung mangelhafter Erhaltung setzen: auch in älteren Stacheln erstreckt sich der Schmelz weder auf Längsschnitten so weit nach unten, noch auf Querschnitten so weit nach hinten wie die ihm anliegende Substanz der vorderen Platte, deren Entwicklung derjenigen des Schmelzes überall ein wenig vorauseilt.

Ob der Schmelz ein Erzeugniss des Schmelzorgans ist, habe ich nicht festzustellen vermocht. Der Thatsache, dass er nur im Bereiche desselben gebildet wird, kann man in diesem Falle keine Beweiskraft zuerkennen, da auch die Ausdehnung der „vorderen Platte“ sammt

der ihres Dentinüberzuges durchaus von derjenigen des Schmelzorgans abhängig erscheint und, im Gegensatz zu der „hinteren Platte", welche mit dem Schmelzorgan in keinerlei morphologischen oder physiologischen Verbindung steht, sich niemals über die Grenzen desselben hinaus erstreckt.

Indem der Stamm an seinem unteren Ende beständig fortwächst, wird der Stachel schliesslich mit seiner Spitze durch die Epidermis hindurch geschoben. Wahrscheinlich wird dies längere Zeit durch die zahlreichen Falten und Wülste, welche in dieser über der Stachelspitze auftreten, verzögert, und man wird Paul Mayer zustimmen können, wenn er von ihnen als von einer „Art Schutzkappe" spricht, „die wohl den Uterus der Mutter vor Verletzungen bewahren kann" (1886, p. 281). Ist der Stachel einmal hervorgebrochen, so erleidet seine Spitze eine starke Abnutzung; an den Stacheln erwachsener Individuen ist sie so weit gegangen, dass der obere rinnenförmige Theil des Stammes nicht mehr vorhanden ist. Stamm und Mantel erscheinen da als zwei einander innig angelagerte Theile, und von dem ursprünglichen Zusammenhang ihrer Gewebe und ihrer Hohlräume ist nichts mehr zu erkennen.

Es sei zum Schluss noch erwähnt, dass der Stachel nicht ausfällt und durch einen neuen ersetzt wird.

Zur Histogenese des Flossenstachels.

Einige gelegentliche Beobachtungen haben mich veranlasst, meine Untersuchungen, die ursprünglich nur auf die gröberen morphologischen Verhältnisse des Stachels gerichtet waren, auch auf die Histogenese auszudehnen, doch habe ich mir hier nicht die Aufgabe stellen können, die Fragen bis zu einer endgültigen Entscheidung zu verfolgen, schon weil dafür das Material nicht genügte.

Die zuerst auftretende Hartsubstanz ist, wie wir gesehen haben (Taf. 47, Fig. 13 *fs*), durch fasrigen Bau und einen geringen Grad von Färbbarkeit, namentlich in Hämatoxylin, ausgezeichnet und unterscheidet sich darin von dem später sich bildenden Dentin. Vermöge dieser abweichenden Beschaffenheit lässt sich der zuerst gebildete Theil, die primäre Hartsubstanz, auch an den älteren Theilen des Stachels und selbst an vollständig ausgebildeten Stacheln noch von dem später hinzukommenden Dentin, das wir als secundäre Hartsubstanz bezeichnen könnten, unterscheiden.

Ich habe nun zunächst versucht, die Bildung der primären Hartsubstanz aufzuklären, und kann das Hauptergebniss in den Satz

zusammenfassen: Die an der primären Hartsubstanz des Stachels beobachtete Längsfaserung rührt von Bindegewebsfasern her, welche den wesentlichsten Bestandtheil derselben darstellen.

Die Beobachtungen, auf welche sich dieser Satz stützt, sollen in Folgendem dargelegt werden. Die Beschaffenheit meines Materials nöthigte mich, nicht das erste Auftreten auf dem jüngsten Stadium, sondern die Fortbildung am unteren wachsenden Ende eines älteren Stachels zu untersuchen. Das bot zugleich den Vortheil, dass ich den Fortschritt der Entwicklung an einem und demselben Object verfolgen konnte, indem ich von dem unteren, jüngsten Theil des Stachels allmählich zu dem oberen, älteren überging.

Ein Längsschnitt durch das unterste Ende eines Stachels, etwa vom Stadium C, liess bei Anwendung einer guten homogenen Immersion zunächst die histologischen Veränderungen des Bindegewebes erkennen, welche der Hartsubstanzbildung vorausgehen (Taf. 49, Fig. 27). Das die Stachelbasis umhüllende Bindegewebe besteht aus langen, spindelförmigen Zellen, welche parallel der Längsaxe des Stachels neben einander gelagert sind. Ihre langovalen Kerne sind verhältnissmässig gross und meist drei-, manchmal auch viermal so lang wie breit; sie besitzen ein dichtes Chromatingerüst und ein oder seltener mehrere Kernkörperchen. Zwischen den Zellen winden sich zahlreiche feine, bei der angewandten Fuchsintinction lebhaft roth gefärbte Fasern (*f*) in schwach wellenförmigem Verlauf hindurch. Nahe der Entstehungsstelle der Hartsubstanz werden die Zellen wesentlich kleiner und nehmen dabei an Zahl zu, was auf eine lebhafte Theilung schliessen lässt. Ihre Kerne werden kürzer und breiter und bekommen eine unregelmässigere Gestalt. Die Fasern verlaufen jetzt nicht mehr einzeln zwischen den Zellen hindurch, sondern erscheinen zu dickeren Bündeln vereinigt, die sich durch ihre dunkler rothe Färbung scharf von den umgebenden Theilen abheben. Manchmal lässt sich beobachten, wie mehrere einzelne Fasern zu einem solchen Bündel zusammentreten. Diese Faserbündel sind von ausserordentlicher Länge und zeigen meist ebenso wie die einzelnen Fasern einen schwach welligen Verlauf. Weiter oben sind sie schon in grösserer Zahl vorhanden und liegen dicht an einander, während die ursprünglich zwischen ihnen gelegenen Zellen sich zurückgezogen haben. So entsteht mitten im Bindegewebe eine Platte (*fp*), die aus lauter solchen dichtgedrängten Faserbündeln besteht. Die ausgewanderten bezw. durch die sich zusammenlegenden Faserbündel herausgedrängten Zellen (*z*) bilden jetzt

eine der Platte aufliegende Schicht und unterscheiden sich bald auch in ihrem Aussehen wesentlich von den übrigen Bindegewebszellen. Sie bekommen einen viel grösseren und dunkler sich färbenden Leib als diese und grosse runde Kerne. An manchen Stellen sind beide Zellformen durch spaltförmige Gefässräume von einander getrennt.

In älteren Theilen tritt in diesen Zellen, welche aus der Faserplatte herausgedrängt worden sind und derselben aufliegen, eine bemerkenswerthe Differenzirung ein. Es bilden sich zwei einschichtige, meist durch einen Spalt von einander getrennte Zellenlagen aus. Die der Faserplatte anliegenden Zellen sind sehr flach spindelförmig, haben einen lang-ovalen Kern und tragen an jedem Ende einen langen, der Faserplatte ebenfalls anliegenden Ausläufer. Die jenseit des Spalts gelegenen Zellen dagegen sind grösser, haben einen stark gefärbten Leib mit grossem, rundem Kern und sind von birnförmiger Gestalt mit nach der Faserplatte hin gerichteter Spitze. Von dieser geht ein langer Ausläufer aus, der sich quer durch den Spalt hindurch und in die Faserplatte hinein erstreckt. Wie weit derselbe hier eindringt und in welcher Weise er sich an dem Aufbau der Platte betheiligt, war bei der starken Färbung, welche die Faserplatte angenommen hatte, nicht festzustellen.

Weiter oben, also in älteren Theilen, nimmt die dunkle Färbung der Platte wieder ab. Es färben sich dann nur noch die oberflächlichsten Theile durch Hämatoxylin stark blau, während eine breite, mittlere Zone entweder ungefärbt bleibt oder doch nur einen schwachen Ton annimmt. Die Längsfaserung ist jetzt nur noch ganz schwach erkennbar und die immer zahlreicher am Aufbau der Platte betheiligten Fasern verlaufen nicht mehr parallel, sondern verfilzen sich, je höher man sie verfolgt, desto inniger, wobei sie im Wesentlichen ihre Längsrichtung beibehalten.

Untersucht man noch ältere Theile, so sieht man, dass die Faserplatte eine gewisse Dicke nicht überschreitet. Ist diese erreicht, so hört allmählich das Herantreten von Bindegewebsfasern und -faserbündeln auf, und es beginnt nun die Bildung der secundären Hartsubstanz. Es lagert sich eine gleichmässig dunkel gefärbte, homogene Substanz an, die, je mehr man sich der Spitze des Stachels nähert, desto dicker wird. In ihr sind keine Längsfasern zu erkennen; dagegen enthält sie eine grosse Anzahl von baumförmig verästelten Röhrchen, die annähernd senkrecht zur Längsrichtung in sie eindringen.

Dieser Schicht liegen ebenso wie weiter unten der Faserplatte durch Grösse und dunklere Färbung ausgezeichnete und in zwei Schichten

gesonderte Zellen an. Der Unterschied zwischen den flachen, ihr unmittelbar anliegenden Zellen und den birnförmigen, welche durch einen Spalt von jenen getrennt sind, tritt hier noch deutlicher hervor. Die durch den Spalt hindurch tretenden Ausläufer der letzteren dringen in die Röhrchen ein, welche die der Faserschicht aufliegende Hartsubstanz durchziehen. Dadurch wird diese Substanz als der erste Anfang des typischen Dentins gekennzeichnet; die Röhrchen sind unzweifelhafte Dentinröhrchen, und die birnförmigen Zellen, welche ihre Fortsätze in sie entsenden, sind Odontoblasten.

Ich habe Grund anzunehmen, dass auch die unmittelbar anliegenden flachen Zellen sich an der Bildung des Dentins betheiligen, doch kann ich erst später bei der Besprechung von Querschnitten näher darauf eingehen. Die Betrachtung der Längsschnitte ist hierfür nicht ausreichend.

Die Untersuchung von Querschnitten bestätigt die oben beschriebenen Beobachtungen: Bindegewebsfasern isoliren sich und verschmelzen zu dickeren Faserbündeln, welche ihrerseits zu einer Platte zusammentreten. Die früher zwischen den Fasern gelegenen Zellen bilden jetzt zwei getrennte, der Faserplatte anliegende Schichten und werden bald zu Odontoblasten, d. h. scheiden Dentin ab.

Wie aus den frühern Beschreibungen schon bekannt ist (Taf. 49, Fig. 32), besteht der Querschnitt des Stammes in seinen älteren Theilen aus mehreren, verschieden sich färbenden Schichten. Die Hauptmasse (Taf. 49, Fig. 26) wird von zwei breiten, bei Anwendung von Hämatoxylinfärbung dunkel blau gefärbten Schichten (*d*) gebildet, welche durch eine schmälere, blass gefärbte Schicht (*fd*) von einander getrennt sind. Die dunklen Schichten sind von sehr dunkel gefärbten, stark gewundenen und verzweigten Röhrchen (*dr*) durchzogen, welche von aussen eintreten und in der Mitte, in der hellen Schicht, auslaufen, ganz vereinzelt dieselbe auch durchziehen. Innen wie aussen ist der Stammtheil durch eine helle, fast ungefärbte und bei schwacher Vergrösserung kaum erkennbare Randschicht (*ri* und *ra*) begrenzt. Beide sind sehr schmal, doch besteht in so fern ein Unterschied, als die Randschicht der Innenseite (*ri*) breiter und daher deutlicher erkennbar ist als diejenige der Aussenseite (*ra*), welche nur als ein ganz schmaler Saum erscheint.

Untersucht man einen solchen mit Hämatoxylin und Fuchsin gefärbten Querschnitt bei stärkerer Vergrösserung und unter Anwendung einer guten homogenen Immersion, so findet man (Taf. 49, Fig. 26) in der blass gefärbten mittleren und auch in den unmittelbar benachbarten Theilen der dunkleren Zone eine grosse Zahl von kleinen,

farblosen, mehr oder minder runden Querschnitten (*fb*). Dieselben nehmen nach aussen hin merklich an Grösse ab, während in den weiter nach aussen gelegenen Theilen der dunklen Zone nichts von ihnen zu bemerken ist.

Sie liegen nicht unmittelbar an einander, sondern sind durch eine Substanz getrennt, welche sie wie mit einem spongiösen Netz umgiebt. Diese lässt keinerlei Structur erkennen und ist im Bereich der hellen Zone durch Fuchsin nur ganz schwach rosa gefärbt; in den angrenzenden Theilen der dunklen Zone tritt in ihr eine tief dunkle Blaufärbung auf.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass wir es hier mit den Querschnitten der auf den Längsschnitten angetroffenen Bindegewebsfaserbündel zu thun haben, und es ergiebt sich also, dass diese nicht, wie es auf den Längsschnitten erschien, unmittelbar an einander liegen, sondern durch eine Substanz getrennt sind, über deren Herkunft und Beschaffenheit wir einstweilen noch keine Auskunft geben können.

Die dunklen Schichten (*d*) erweisen sich bei dieser Vergrösserung ebenfalls nicht als gleichmässig dunkel, sondern bestehen aus einer helleren Grundsubstanz, in welcher ausser den schon bei schwächerer Vergrösserung erkennbaren, verästelten Dentinröhrchen (*dr*), die eine tief dunkelblaue Färbung angenommen haben, noch ein Netzwerk von feinen, dunkelblauen Linien und eine grosse Zahl von kleinen, ebensolchen Punkten zu erkennen sind. Trotz Anwendung einer guten Immersionslinse konnte ich nicht feststellen, wie diese Dinge zu deuten sind. Die zu Rathe gezogenen Längsschnitte erwiesen sich für die Entscheidung dieser Frage als noch ungünstiger, da sie meist nicht in der wünschenswerthen Dünne zu erhalten waren. Es hatte hier manchmal den Anschein, als seien die Bündel der Bindegewebsfasern, welche die mittlere Schicht des Stammtheils bilden, von einem netzförmigen Gerüst von dunkel gefärbter Substanz umgeben.

Dass die dunkle Schicht nicht vom ersten Anfang an in ihrer endgültigen Beschaffenheit gebildet wird, lässt sich aus dem Verhalten der Randschichten schliessen. Die wegen ihrer grösseren Breite zur Untersuchung vorzugsweise geeignete innere Randschicht (*ri*) besteht aus einer hellen Grundsubstanz; in dieser kann man den Verlauf der in sie eintretenden Fortsätze der anliegenden Zellen ganz deutlich verfolgen, da die Canäle, in welchen sie gelegen sind, hier nicht mit eigenen, sich dunkel färbenden Wänden versehene Röhren, sondern nur Lücken in der Grundsubstanz sind. Das Gleiche gilt von den Fortsätzen derjenigen Zellen, welche in die tieferen, dunklen Schichten

eindringen, soweit sie in der Randschicht verlaufen. Erst nach ihrem Durchtritt durch diese erhält ein jeder eine röhrenförmige Hülle, welche sich tief blau färbt und den von ihr umschlossenen, roth gefärbten Fortsatz nur hier und da erkennen lässt.

Wir haben hier, wie schon oben bei der Betrachtung der Längsschnitte gezeigt wurde, an der Innenseite des Stammtheils zwei durch einen Spalt von einander getrennte Lagen von Odontoblasten. Dieselben weisen eine Reihe von Verschiedenheiten auf und unterscheiden sich durch ihre Form, durch ihre Lage und durch die Länge und Zahl ihrer Ausläufer. Es entsteht die Frage, ob diese Verschiedenheiten nur von untergeordneter Bedeutung oder so wesentlich sind, dass man zwei völlig von einander verschiedene Arten von Odontoblasten annehmen muss. Mir scheint das erstere das richtigere zu sein, denn trotz der grossen Formverschiedenheit ist in der ganzen Erscheinung des Zelleibs, seiner Structur, seiner Färbbarkeit kein Unterschied zwischen äusserer und innerer Zellenlage zu bemerken; verschwände der Spalt, so würde es kaum noch möglich sein, einen Unterschied zwischen den beiden Lagen von Odontoblasten zu entdecken.

Der Umstand, dass die anliegenden Odontoblasten mehrere, die entfernteren dagegen nur einen Ausläufer haben, erscheint bedingt durch das verschiedene Alter derselben. Eine zu einem Odontoblasten gewordene Zelle sendet zuerst, wie ich an verschiedenen Stellen meiner Präparate, auch da, wo erst die Faserplatte und noch kein Dentin gebildet wurde, beobachten konnte, mehrere Ausläufer aus. Wenn der Odontoblast sich unter Bildung von Hartsubstanz zurückzieht, so wird die Zahl dieser Ausläufer dadurch beschränkt, dass sich zwei oder mehrere derselben vereinigen; eine Anzahl der so entstandenen dickeren Ausläufer laufen ihrerseits wieder zusammen und so fort, bis zuletzt nur noch ein, dafür aber um so dickerer Ausläufer des Odontoblasten vorhanden ist. Durch die fortwährende Ausscheidung der Hartsubstanz wird der den Odontoblasten zugemessene Hohlraum immer enger, sie rücken näher zusammen, und man beobachtet, wie bald zwei, bald mehrere Odontoblasten zu einem gemeinsamen Dentinrohr gehören. Auf Schnitten sieht man häufig die auf diese Weise vereinigten Odontoblasten, an der Oeffnung des von ihnen gebildeten weiten Dentinrohres liegend, ihre Fortsätze in dasselbe hineinsenden (Taf. 47, Fig. 10). Auf diese Weise wird die Verzweigung der Dentinröhrchen verständlich. Die feinsten Ausläufer derselben werden von den Fortsätzen einer Zelle gebildet, die dicken Stämme dagegen durch die Vereinigung

der Fortsätze von mehreren Zellen. Auch die früher schon erwähnte Beobachtung, dass die stärkste Dentinbildung und die längsten und am meisten verzweigten Röhrchen sich an den Hinterrändern des Stammtheils vorfinden, lässt sich jetzt ungezwungen dadurch erklären, dass in den vorhandenen Ecken die Odontoblasten sich stärker als in den übrigen Theilen zusammengedrängt haben.

Die geschilderten Verhältnisse bestehen nur an der Innenseite des Stammteils; auf der Aussenseite desselben ist alles viel einfacher. Entsprechend der am ausgewachsenen Stachel gemachten Beobachtung, dass die innerste der drei den Stammtheil bildenden Schichten bei weitem am stärksten ist und von aussen nur sehr viel weniger und kürzere Dentinröhrchen in den Stammtheil eindringen, finden wir auf den verschiedenen Entwicklungsstadien auf der Aussenseite nur wenige Odontoblasten. Dieselben liegen zerstreut derselben an und bilden nie eine geschlossene Zellenlage. Die von ihnen ausgehenden Dentinröhrchen sind bedeutend enger und kürzer als die der Innenseite, besitzen aber im Uebrigen genau denselben Charakter. Der geringen Zahl von Odontoblasten entspricht auch die schwächere Entwicklung der äusseren dunklen Schicht, sowie der hellen Randschicht (*ri*), die Anlagerung von Dentin geht hier nur langsam vor sich und bleibt hinter derjenigen auf der Innenseite bald merklich zurück.

Wenden wir uns nun den Vorgängen bei der Bildung der Hartsubstanz des Mantels zu, so treten uns an den dabei betheiligten Geweben ganz ähnliche Erscheinungen entgegen wie bei der Entstehung des Stammes. Eine wesentliche Abweichung ist jedoch schon von vorn herein dadurch bedingt, dass die Mantelsubstanz nicht frei, mitten im Bindegewebe liegend, sich bildet, sondern immer dem Schmelzorgan und dessen Schmelzepithel anliegt. Ihre Bildung kann daher erstens nur einseitig erfolgen und muss zweitens in irgend welche nähere Beziehung zu der gleichzeitig stattfindenden Schmelzbildung treten.

Wie schon in dem Abschnitt über die Entwicklung der Stacheln gezeigt wurde, entsteht die Mantelsubstanz an der concaven Seite des Schmelzorgans, demselben fest anliegend. Die Stelle des ersten Auftretens derselben ist aber nie das freie Ende des Schmelzorgans, sondern befindet sich ein Stück weiter oben, so dass stets der unterste Rand desselben von Hartsubstanz frei bleibt. Deshalb musste, um die Bildungsstelle der Hartsubstanz darzustellen, ein mittleres Stück des Längsschnitts durch das Schmelzorgan (Taf. 48, Fig. 23) ausgewählt werden.

Dem Schmelzorgan liegt das gewöhnliche Bindegewebe des

Coriums (*cu*) an, ähnlich dem schon bei der Bildung des Stammtheils beschriebenen. Es ist von grossen Gefässräumen durchzogen und besteht aus spindelförmigen Zellen mit ovalen Kernen und zwischen denselben sich hindurchwindenden, wellenförmig verlaufenden Bindegewebsfasern. An der Spitze und der inneren bezw. Hinterseite erscheinen hier die Bindegewebselemente, Zellen und Fasern, näher an einander gelagert, als ob sie von dem vordringenden Schmelzorgan zusammengeschoben worden wären.

Verfolgen wir nun dieses Bindegewebe an der concaven, vom Schmelzepithel überzogenen Seite des Schmelzorgans entlang in der Richtung gegen die Stachelspitze hin, so treten uns ähnliche Veränderungen desselben entgegen, wie wir sie am unteren Ende des Stacheltheils gefunden haben (Taf. 48, Fig. 23). Von unten kommend, sieht man zuerst, wie einzelne Bindegewebsfasern zusammentreten und sich zu Bündeln (*fb*) vereinigen, die denselben charakteristischen welligen Verlauf zeigen wie die Fasern selbst. Mit den Faserbündeln des Stammtheils verglichen, sind sie wesentlich dicker und dunkler, aber weniger zahlreich. Die Faserbündel und wohl auch einige einzelne Fasern treten nach und nach aus dem Bindegewebe heraus und legen sich dem Schmelzepithel (*se*) der Länge nach an, so dass die vorher demselben anliegenden Bindegewebszellen (*z*) zurückgedrängt werden.

Bald bilden die Fasern und Faserbündel eine dem Schmelzorgan anliegende Schicht. Abweichend von den Beobachtungen am Stammtheil tritt in derselben keine so starke Verfilzung und fast gar keine Verschmelzung der einzelnen Faserbündel mit einander ein. Es bildet sich also nicht eine nahezu homogene Faserplatte im früheren Sinn, sondern die wesentlich dickeren Faserbündel bleiben isolirt. Auch die Dicke der ganzen Faserschicht wird nicht so beträchtlich wie im Stammtheil.

Da man nicht die Vorgänge bei der Veränderung selbst, sondern nur den in Folge derselben eingetretenen Zustand beobachten und beschreiben kann, ist es nicht möglich, sicher anzugeben, von wo der Anstoss zu den Veränderungen ausgeht. Es ist jedoch anzunehmen, dass bei der Bildung der Faserschicht die derselben anliegenden Zellen der active Theil sind, während die Fasern und Faserbündel sich passiv verhalten. Damit stimmt die Beobachtung überein, dass die an der Bildung der Faserschicht betheiligten Zellen allmählich eine wesentliche Aenderung ihrer Form und ihres Aussehens erleiden. Sie verlieren nämlich, je weiter man nach oben kommt, nach und nach ihre ursprünglich spindelförmige Gestalt und werden zunächst oval, dann

kuglig. Dabei färbt sich ihr Leib dunkler roth und erscheint viel consistenter. Die Kerne werden ebenfalls entsprechend grösser und nehmen eine runde Gestalt an. Je mehr nun die so beschaffenen, durch ihre Grösse und ihre dunkle Färbung von den übrigen Bindegewebszellen unterschiedenen Zellen zurückweichen und sich von ihrem ursprünglichen Ort entfernen, desto mehr ändert sich ihre Gestalt. Die der Faserschicht unmittelbar anliegenden Zellen zeigen diese Veränderung am wenigsten. Sie behalten die oben beschriebene Kugelgestalt bei; nur bemerkt man, dass manche von ihnen mehrere kleine Ausläufer zwischen die Fasern der Faserschicht hineinsenden, die sich jedoch nicht weiter verfolgen lassen, sondern für das Auge verschwinden. Von den weiter entfernt liegenden Zellen geht je ein langer und verhältnissmässig dicker Ausläufer aus, der ebenfalls in die Faserschicht eindringt und hier verschwindet. Dadurch werden die die Kerne umschliessenden Zellkörper mehr birnförmig, ihre Spitze ist der Faserschicht zugekehrt. Man erkennt darin die beginnende Bildung von Odontoblasten mit ihrer charakteristischen Gestalt.

Einen wichtigen Aufschluss über das Verhältniss aller dieser Zellausläufer zu der Faserschicht geben uns die entsprechenden Querschnitte (Taf. 48, Fig. 20—22). Auf solchen fallen unter dem Schmelzepithel die zahlreichen, blassgefärbten und mehr oder weniger kreisrunden Querschnitte der Faserbündel in die Augen. Bei stärkerer Vergrösserung (Taf. 49, Fig. 25) erkennt man, dass dieselben sehr verschiedene Grösse haben und in ganz unregelmässiger Anordnung in eine etwas dunkler gefärbte, structurlose Zwischensubstanz eingebettet sind, welche die einzelnen Faserbündel vollständig isolirt. Nach innen von dieser Faserschicht liegen Zellen mit grossen Kernen und Leibern, welche etwas dunkler gefärbt sind als die Zwischensubstanz. Sie zeigen sehr verschiedene Gestalten, doch sind im Grossen und Ganzen die der Faserschicht näher liegenden Zellen mehr breit und rund, die entfernteren dagegen lang und schmal. Der grosse Kern liegt immer in dem von der Faserschicht abgewandten Ende. Wir finden darin dieselben Verhältnisse wieder, welche wir an Längsschnitten beobachteten, sind aber jetzt in der Lage, die Beziehungen dieser Zellen zu der Faserschicht aufzuklären. Man macht nämlich die auffallende Beobachtung, dass zwischen dem Leib dieser Zellen und der zwischen den Fasern gelegenen Zwischensubstanz keinerlei Grenze vorhanden ist; nur ein kleiner Färbungsunterschied besteht zwischen beiden (Taf. 49, Fig. 25). Es ist nicht möglich, anzugeben, wo der Zelleib aufhört und die Zwischensubstanz anfängt, sie gehen

beide in einander über, und es zeigt sich, dass die Zwischensubstanz, welche die Faserbündel wie ein Netz umgiebt, selbst einen Theil der Zellen darstellt. So erklärt sich auch die Unmöglichkeit, die Zellenausläufer auf Längsschnitten zwischen die Fasern der Faserschicht hinein zu verfolgen.

Querschnitte durch Stacheln von älteren Entwicklungsstadien bestätigen die hier angegebenen Beobachtungen vollkommen. In der Fig. 24, Taf. 48, ist der Theil eines Stachelquerschnitts vom Stadium D abgebildet, welcher an der seitlichen Umbiegung des Schmelzorgans liegt (vgl. Taf. 49, Fig. 31 und 32). In dem hinteren Theil liegen die Zellen, die sich durch die ausserordentliche Grösse und die eigenthümlich unregelmässige Gestalt ihrer Kerne auszeichnen, unmittelbar dem Schmelzepithel an. Je weiter man aber nach vorn zu den älteren Theilen (vgl. S. 33) fortschreitet, desto weiter findet man sie davon entfernt. Es liegt dann zwischen ihnen und dem Schmelzepithel eine Schicht, die von einer dunkleren Substanz mit einer grossen Anzahl von mehr oder weniger runden und völlig farblosen Querschnitten gebildet wird; es ist die schon mehrfach beschriebene Faserschicht. Bezüglich der die einzelnen Faserbündel trennenden Zwischensubstanz und ihrer Beziehungen zu den anliegenden Zellen machen wir hier dieselbe Beobachtung wie auf dem jüngeren Stadium. Es lässt sich auch hier keinerlei Grenze zwischen der Zwischensubstanz und den Zelleibern nachweisen, erstere erscheint als ein Theil der letzteren.

Schlussbetrachtungen.

Die einzigen Hartgebilde, die bis jetzt von der Haut der Elasmobranchier bekannt waren, sind „Placoidschuppen“, welche in den wesentlichen Zügen ihres Baues mit den Zähnen des Mundes übereinstimmen und deshalb vielfach auch als „Hautzähne“ bezeichnet werden. Bei den Rochen erreichen sie häufig eine bedeutende Grösse und mehr oder minder stachelartiges Aussehen; bei den Haien aber sind sie durchweg klein, vielfach von mikroskopischer Grösse, und nur in den Rückenflossen weniger Arten findet man ein stachelartiges Gebilde von beträchtlichen Dimensionen, den sog. Flossenstachel. Von diesem stand es bisher nicht fest, ob er ein Gebilde sui generis oder auch ein Hautzahn sei. Diese Frage durch eine Untersuchung seines Baues und seiner Entwicklung zu beantworten, war meine Hauptaufgabe, und mit Bezug auf sie möchte ich die wichtigsten Ergebnisse der im Vorstehenden dargelegten Beobachtungen noch einmal kurz zusammenfassen.

In diesem Zusammhange giebt uns der Taf. 49, Fig. 28 abgebildete mediane Sagittalschnitt einen sehr deutlichen Fingerzeig. Wir sehen auf ihm längs des Vorderrandes der Flosse eine dichte, ununterbrochene Reihe von kleinen Placoidschuppen (*pl.*), die alle mit der Spitze nach oben gerichtet sind. Den Schluss der Reihe bildet der Stachel, der seine Spitze gleichfalls nach oben kehrt. Er ruft schon durch seine bedeutendere Grösse eine Unterbrechung der Reihe hervor, mehr aber noch durch die von ihm erzeugte zapfenartige Erhebung, welche sich in einem tiefen Einschnitt von dem Oberrande der Flosse absetzt. An diesem hebt die Reihe der Schup en in gleicher Richtung aufs neue an.

Zugleich aber lässt dieses Präparat einen Unterschied zwischen den Schuppen und dem Stachel hervortreten. Während jene in der Epidermis liegen, scheint dieser unterhalb derselben im Corium zu liegen. Zur Beurtheilung dieses Unterschiedes ist es nöthig, sich zunächst von der Natur einer Placoidschuppe Rechenschaft zu geben und zu fragen, was eine solche gegenüber den anderen Schuppenarten, welche bei Fischen vorkommen, charakterisirt und sie als Zähne kennzeichnet.

Ich möchte einstweilen von histologischen Verhältnissen, also von der Zusammensetzung aus Dentin und Schmelz, absehen und in Uebereinstimmung mit allen neueren Untersuchungen die Betheiligung der Epidermis (bezw. des ihr entsprechenden Mundhöhlen-Epithels) an der Bildung der Placoidschuppe (bezw. des Zahnes) obenan stellen. Wir wissen, dass die Anlage einer Plagiostomenschuppe dadurch zu Stande kommt, dass über einer Coriumpapille sich ein inselartiger Complex von Zellen der basalen Epidermisschicht (Schleimschicht) differenzirt. Derselbe bleibt stets dauernd ein Bestandtheil der Epidermis, im Gegensatz zu den zahnbildenden Epithelbezirken des Mundes, welche sich unter Bildung einer Leiste in das anliegende Bindegewebe einsenken, stimmt aber darin überein, dass in beiden Fällen Gestalt und Grösse des Zahnes abhängig sind von der Form und der Ausdehnung des „Schmelzepithels“. Man hat von Anfang an jenen Unterschied nicht als ein Hinderniss betrachtet, die Placoidschuppen und die Zähne in innigste morphologische Beziehungen zu einander zu setzen, obwohl man Bindeglieder, welche den Uebergang zwischen den beiden Typen vermittelten, einstweilen nicht aufzuweisen vermochte. In neuerer Zeit hat Röse diese Lücke von der einen Seite her ausgefüllt, indem er gezeigt hat, dass bei Teleosteern, Ganoiden, Urodelen und Crocodilen „sich die ersten Zähnchen ganz nach Art der Placoidschuppen

als einfache Papillen im Bereich der Kieferschleimhaut bilden“[1]), worin ihm allerdings bezüglich der Teleosteer A. Carlsson widersprochen hat[2]). Auf der anderen Seite ist es mir jetzt durch diese Untersuchung gelungen, darzuthun, dass bei Selachiern auch ausserhalb des Mundes Zähne unter Betheiligung eines in das Corium sich hinabsenkenden „Schmelzorgans“ gebildet werden können, nämlich die Flossenstacheln der Spinaciden. Ob die Flossenstacheln von *Cestracion* sich in derselben Weise verhalten, wird natürlich erst entschieden werden können, wenn wenigstens ihr Bau erst einmal untersucht sein wird. Die Flossenstacheln der Rochen, deren Bau wesentlich abweicht[3]), mögen sich auch in ihrer Entwicklung ganz anders verhalten. Das „Schmelzorgan“ des *Acanthias*-Stachels ist allerdings von der Schmelzleiste der Mundzähne in zwei Punkten verschieden, und dieser Unterschied scheint mir recht lehrreich zu sein. Es ist erstens nur an der Bildung des einen einzigen Stachels betheiligt, der in jeder Rückenflosse vorhanden ist, während im Munde zahlreiche Zähne in einer dichten Reihe neben einander gebildet werden. Dem entsprechend hat das „Schmelzorgan“ des Flossenstachels die Gestalt eines Zapfens, während die Mundzähne an einer „Schmelzleiste“ entstehen. Zweitens wird, wie wir gesehen haben, der Stachel zwar an der Spitze, sogar in ziemlich erheblichem Grade, abgenutzt, aber nicht abgeworfen und durch neue ersetzt, sondern dauert das ganze Leben lang aus und wächst an der Basis beständig nach. Dem entsprechend ist das Schmelzorgan des Stachels nicht wie die Schmelzleiste der Mundzähne zugleich „Ersatzleiste“. Daraus ergiebt sich ohne weiteres, dass ich nicht, wie O. Hertwig (1874, p. 389) „die Einsenkung der Zahnanlagen betrachten kann als eine Einrichtung, welche durch den sehr lebhaften Ersatz der Zähne herbeigeführt worden ist“. In unserem Falle dürfte vielmehr die Ansicht zutreffen, welche Röse in Bezug auf die Mundzähne äussert: „Die Zähne sind im Allgemeinen grössere Gebilde, die nicht im Bereich der dünnen Kieferschleimhaut allein gebildet werden können; ihre Epithelscheide muss vielmehr ins Bindegewebe hineinwachsen, um die erforderliche Grösse zu erlangen“ (1895a, p. 553). Der Flossenstachel ist ein im Vergleich mit den Placoidschuppen und selbst mit den Kieferzähnen derselben Art so ungeheuer

1) C. Röse, Das Zahnsystem der Wirbelthiere, in: Ergeb. Anat. Entw., V. 4, 1894, p. 542—591.

2) A. Carlsson, Ueber die Zahnentwicklung bei einigen Knochenfischen, in: Zool. Jahrb., V. 8, Anat., 1894, p. 217—244.

3) Vgl. Hannover, 1867, Benda, 1882.

grosser Zahn, dass seine Entwicklung ohne Einsenkung wohl als kaum denkbar bezeichnet werden kann.

Ich möchte nicht unerwähnt lassen, dass die aussergewöhnliche Steigerung der Maasse durch eine zeitliche Vorschiebung der Anlage ermöglicht erscheint oder, in phylogenetischer Betrachtungsweise, eine solche zur Folge gehabt hat. Das Schmelzorgan des Stachels tritt viel früher auf als die Keime der Schuppen; bei dem Embryo, dem der Sagittalschnitt Fig. 15 (Taf. 47) entlehnt ist, sind von den letzteren noch nicht die geringsten Spuren zu erkennen, während der Stachel bereits eine beträchtliche Grösse erreicht hat und in seiner Entwicklung recht weit fortgeschritten ist.

Uebrigens lässt sich zeigen, dass die Bildung eines Schmelzorgans nicht nur die Bedingung für die Vergrösserung, sondern auch die

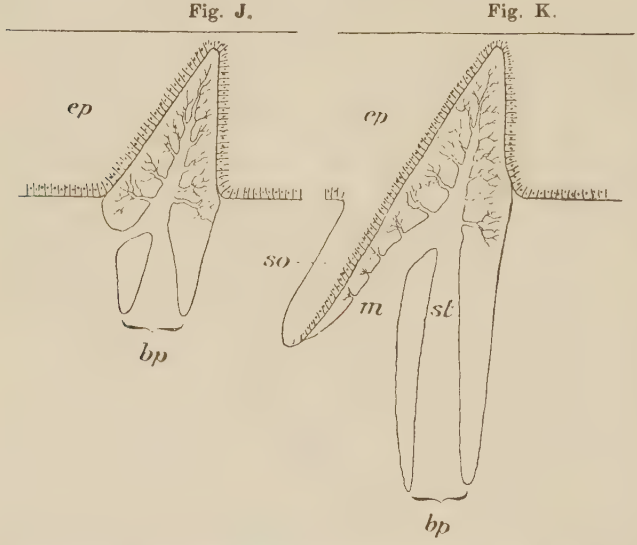

Fig. J. Schema einer in der Entwicklung begriffenen Placoidschuppe. *bp* Basalplatte, *ep* Epidermis.

Fig. K. Schema eines in der Entwicklung begriffenen Flossenstachels. *bp* Basalplatte, *ep* Epidermis, *m* Mantel, *st* Stammhöhle.

Ursache für die wichtigsten Abweichungen im Bau des Stachels gegenüber dem der anderen Zähne sowohl der Haut als des Mundes ist. Benda war durch seine Untersuchungen zu der Ansicht gelangt, der Flossenstachel sei durch Verschmelzung von zwei wesentlich verschiedenen Theilen entstanden, nämlich eines den Stachelknorpel umhüllenden, hohlen Dentinkegels und einer (halben) Placoidschuppe. Die Bildung eines Dentinkegels, d. h. eines Zahnes, unabhängig von Epithel würde ganz einzig dastehen und in diesem Sinne unverständlich sein; schon aus diesem Grund würden wir uns der Benda-schen Auffassung nicht anschliessen können. Thatsächlich aber bedarf

es auch der Annahme eines so complicirten Vorganges gar nicht, sondern ich glaube zeigen zu können, dass nichts von allem, was ich über die Entwicklung des Flossenstachels ermittelt habe, uns hindert, in diesem einen einfachen Zahn zu erblicken. Das, was den fertigen Stachel von einem gewöhnlichen Zahn unterscheidet, ist die Sonderung in einen „Stamm“ und einen „Mantel“. Wie ich mir das Verhältniss der beiden zu einander vorstelle, wird am leichtesten verständlich werden, wenn wir von dem Schema einer in der Entwicklung begriffenen normalen Placoidschuppe ausgehen, welche mit ihrem „Stacheltheile“ in der Epidermisscheide, mit ihrer „Basalplatte“ im Corium liegt (Fig. J). Lassen wir nun ein Schmelzorgan in Gestalt eines ins Corium sich hinabsenkenden Epidermiszapfens hinzukommen und an seinem Schmelzepithel entlang die Bildung des Dentins fortschreiten (Fig. K), so wird ein Zahntheil erzeugt, der sich zur „Basalplatte“ der Placoidschuppe ganz so verhält, wie der „Mantel“ zum „Stamm“ des Stachels.

Nicht ohne Absicht habe ich in der Fig. J, welche ich auf Grundlage der fig. 3, tab. 12 von O. Hertwig (1874) entworfen habe, auf der linken Seite die Basalplatte wie in der Vorlage durch einen Spalt vom Stacheltheil getrennt gezeichnet. Ob derselbe eine typische Bildung ist, kann ich nicht entscheiden; jedenfalls ist eine solche auch in Hertwig's fig. 8, tab. 13 von einer *Mustelus*-Schuppe dargestellt, und auch auf meinen Schnitten von *Acanthias* finde ich sie. Wie dem aber auch sein möge, bei der Vergleichung des Flossenstachels mit einem Hautzahn müssen wir entweder annehmen, dass eine Durchbohrung des oberen Theils der Basalplatte entweder schon bei diesem vorhanden gewesen oder während der phyletischen Entwicklung des Stachels entstanden ist, da durch eine solche Oeffnung die Höhle des Mantels und die des Stammes mit einander in Verbindung getreten sind. Es dürfte wohl nicht als eine gewagte Vermuthung erscheinen, dass die Ausbildung des Mantels Veranlassung geworden sein könnte, dass ein Stück der Vorderwand des Stammes unterdrückt wurde und dass also auch dieser Zug eine mittelbare Folge des Auftretens des Schmelzorgans ist.

Ich glaube, dass man dieser Auffassung des Stachels den Vorzug nicht streitig machen kann, wesentlich einfacher zu sein als diejenige Benda's. Allein man wird doch vielleicht einige Einwendungen gegen sie erheben, und zwar z. Th. auf Grund meiner eigenen Darstellung von der Entwicklung, in welcher ich einen in den Präparaten hervortretenden Gegensatz zwischen einer vorderen und einer hinteren Hartsubstanz-

platte mehrfach betont habe. Das habe ich in erster Linie im Interesse einer unbefangenen, möglichst objectiven und der späteren Deutung nicht vorgreifenden Beschreibung gethan. Aus dem Capitel über die Histogenese ergiebt sich aber, dass ein wesentlicher Unterschied zwischen den beiden Platten nicht besteht, dass beide vielmehr in den wichtigsten Merkmalen mit einander übereinstimmen. Aus diesem Grunde wird man wohl auch nicht zu viel Gewicht darauf legen dürfen, dass beide getrennt von einander auftreten. Wie ich erwähnt habe (S. 35), konnte ich nicht feststellen, ob diese ursprüngliche Trennung auch an der äussersten Spitze vorhanden ist; dass hier sehr früh eine ausserordentlich innige Vereinigung zu Stande kommt, welche von da aus immer weiter nach unten fortschreitet, ist ganz sicher. Vielleicht gehört auch diese Erscheinung in die Kategorie der zeitlichen Verschiebungen der Entwicklungsvorgänge, indem wir anzunehmen haben, dass die Anlage des durch seine Grösse besonders ausgezeichneten „Stammes", nämlich die augenscheinlich zuerst auftretende „hintere Hartsubstanzplatte", derjenigen der übrigen Theile vorauseilt. In diesem Sinne werden wir vermuthlich auch die den sonstigen Beobachtungen widersprechende Thatsache zu beurtheilen haben, dass in der Stachelentwicklung nicht der Schmelz zuerst auftritt (vgl. Klaatsch, 1890, p. 236) — wohl aber das Schmelzorgan! — sondern eben die „hintere Hartsubstanzplatte".

Weitere Bedenken gegen meine Auffassung des Stachels wird man vielleicht der Histologie desselben entlehnen und mir zunächst entgegen halten, dass ich den durch frühere Untersuchungen (O. Hertwig 1874, Klaatsch 1890) festgestellten wesentlichen Unterschied zwischen „Stacheltheil" und „Basalplatte" gänzlich vernachlässige. Danach soll nur der erstere aus Dentin, die letztere aber aus einem Gewebe bestehen, das Hertwig „Cement" nennt, während Klaatsch meint, es bestehe Angesichts der Thatsache, dass „das Umschlossenwerden der Bildungszellen beim Knochengewebe eine sehr untergeordnete Bedeutung besitze" (Teleosteer mit zellenfreien Knochen), kein Grund, weshalb es nicht „als Knochengewebe bezeichnet werden sollte" (1890, p. 239).

Bei den ausserordentlich nahen Beziehungen, welche zwischen den verschiedenen Hartsubstanzen der Wirbelthiere, Knochen, Dentin, Cement etc., bestehen, würde ich von vorn herein nicht im Stande sein, auf solche histologischen Unterschiede sehr grosses Gewicht zu legen. Indessen glaube ich von allen theoretischen Erörterungen darüber absehen zu können, da aller Wahrscheinlichkeit nach die in Rede

stehende Schwierigkeit nur eine vermeintliche sein dürfte: thatsächlich besteht auch die „Basalplatte" der Placoidschuppen gleich dem „Stacheltheil" aus Dentin. Zu dieser Behauptung veranlassen mich theils gelegentliche eigene Beobachtungen an den Schuppen von *Acanthias*, in denen ich von dem weitesten Theil der Pulpahöhle charakteristische „Dentincanälchen" in die Basalplatte eintreten sehe, theils eine in R. Hertwig's „Lehrbuch der Zoologie" (2. Aufl. 1893, p. 433, fig. 460) veröffentlichte Abbildung Hofer's, in welcher das Dentincanalsystem der Basalplatte in grösster Vollständigkeit und absoluter Uebereinstimmung mit demjenigen des Stacheltheils dargestellt ist. Leider hat Hofer sonst über die Beobachtung noch nichts publicirt.

Hält man aber meine Deutung des Stammtheiles des Stachels als „Basalplatte" durch die übrigen Argumente für gut begründet, so muss derselbe jedenfalls als der, schon vermöge seiner Grösse, geeignetste Gegenstand zur Beobachtung der Dentinstructur der letzteren bezeichnet werden, denn dass im ausgebildeten Stachel der Stamm aus Dentin besteht, kann keinem Zweifel unterliegen; es stimmt in seiner Structur mit dem typischen Dentin anderer Elasmobranchierzähne vollkommen überein.

Mag nun aber der Stamm des Stachels der Basalplatte entsprechen oder nicht, sicher wird durch meine Beobachtungen ein Satz umgestürzt, den Röse (1895, p. 552) bezüglich des Verhältnisses des Dentins zum Schmelzorgan aufgestellt hat, wonach „regelrechtes Dentin stets nur an der Innenfläche einer epithelialen Mantelform, der Epithelscheide, seinen Ausgang nehmen kann". Von einer „Epithelscheide", nämlich vom Schmelzorgan, ist nur das Dentin des „Mantels" abhängig, dasjenige des „Stammes" dagegen zeigt dazu gar keine oder höchstens indirecte Beziehungen, in so fern als der Mantel im Spitzentheil des Stachels mit dem Stamm sich verbindet; dennoch erlangt das letztere eine weit mächtigere Ausbildung als das erstere.

Der Stamm stellt auch im ausgebildeten Stachel, wie wir gesehen haben, einen Hohlkegel dar, indem sich in seinem Innern ein ziemlich weiter Canal erhält, von dem die seine Wand durchsetzenden Dentincanäle ihren Ausgang nehmen. Ich habe bereits erwähnt, dass Jäkel (1890, p. 121) die Bezeichnung „Pulpa" für den Hohlraum und das ihn erfüllende Gewebe nicht gelten lassen will, „weil von ihr nicht eigentlich die Bildung des Zahnes ausgeht, sondern von den zahlreichen Vasa, welche das Dentin der Wände durchziehen. Sie ist nur ein innerer, noch nicht zu Dentin verkalkter Hohlraum, der allerdings bei jüngeren Formen sehr weit bleibt und in Folge der Reduc-

tion ihn umgebender Vasa die Functionen einer Pulpa übernimmt". Was JÄKEL in dem ersten Satz als „Vasa" bezeichnet, das sind die Dentincanäle oder Dentinröhrchen unserer Beschreibung. Dass er sie „Vasa" nennt und im zweiten Satz von einer Erhaltung eines pulpaartigen Raums in Folge der Reduction der ihn umgebenden Vasa spricht, lässt darauf schliessen, dass er sie für Canäle hält, welche den „Vasa" des sog. Vasodentins entsprechen, und dieses, in welchem statt einer einheitlichen Pulpahöhle ein netzartiges System enger Canäle vorhanden ist, betrachtet er (1890, p. 93) als die phylogenetisch ältere Form des Dentins. Auf die letztere Ansicht will ich nicht eingehen, die erstere jedoch muss ich bestimmt zurückweisen. Ebenso wenig wie die Dentincanäle der Zähne haben die des Flossenstachels von *Acanthias* mit den Canälen des Vasodentins etwas gemein. Diese sind von Blutgefässen durchzogene Canäle, die man recht wohl, wie es z. B. RÖSE thut (1895 a, p. 203), mit den HAVERS'schen Canälen des Knochens vergleichen kann. Die Canäle im Dentin des Stachels und des „Stacheltheils" der Placoidschuppen aber enthalten nichts als Odontoblasten bzw. deren Fortsätze. Allerdings ist nicht zu leugnen, dass die Dentincanäle der Elasmobranchierzähne denen der Amniotenzähne nicht vollkommen entsprechen. Mag auch bei diesen eine Verästelung vorkommen, für die Elasmobranchier ist eine baumartige Verästelung geradezu charakteristisch, und ich habe oben (S. 43) gezeigt, wie dieselben durch allmähliche Zusammenfassung einer grösseren Zahl von Odontoblasten zu einem Bäumchen zu Stande kommt. In den weiteren, stammartigen centralen Theilen derselben sieht man oft deutlich mehrere Zellen mit ihren Kernen liegen, und man kann deshalb mit einem gewissen Recht die Bäumchen oder wenigstens ihre weiteren Abschnitte als Theile der Pulpahöhle auffassen, was sie ja natürlich Anfangs auch gewesen sind. Darum aber der Pulpahöhle selber die Benennung als solche streitig zu machen, dazu liegt kein Grund vor.

Dass die Dentincanäle etwas ganz anderes sind als das Canalnetz des Vasodentins, lässt sich wohl an keinem Object schlagender nachweisen, als gerade an dem unsrigen, hat doch der Stachel nicht nur in seinem Stamm „Pulpodentin", sondern auch in seinem Mantel ganz charakteristisches „Vasodentin" aufzuweisen. Die Umschliessung seiner Canäle durch Dentinschichten erinnert in so auffallender Weise an das Verhalten der HAVERS'schen Lamellen des Knochens, dass man das Bedenken, welches KLAATSCH wegen des angeblichen Mangels solcher Lamellen gegen die Bezeichnung der Canäle als HAVERS'scher Canäle erhebt (1890, p. 251), nicht allzu schwer nehmen wird. Da wir die

Entstehung des Canalnetzes durch Reduction eines ununterbrochenen Hohlraums verfolgt haben, so braucht hier nur auf die obige Darstellung (S. 30 u. 36) verwiesen zu werden.

Zum Schluss möchte ich nur noch in aller Kürze auf ein paar meiner histologischen Befunde zurückkommen, zunächst auf die Thatsache, dass in einem meines Wissens bei Elasmobranchiern bisher nicht beobachteten Umfang Bindegewebsfasern an der Bildung des Stachels und zwar gerade an der ersten Bildung der Hartsubstanz theilnehmen. Dass Bindegewebsfasern in das Dentin und besonders in die Substanz der Basalplatte eintreten, ist allerdings schon von O. Hertwig (1874) angegeben und später bestätigt worden, doch scheint man denselben nicht einen wesentlichen Antheil am Aufbau der Hartsubstanz zugeschrieben zu haben. Nach meinen Beobachtungen liefern sie während aller Entwicklungsstadien bis zum ausgebildeten Zustande hin die Grundlage sowohl für den Stamm- als für den Mantelttheil des Stachels, und erst später lagert sich an diese primäre, fasrige Grundsubstanz ein homogenes Dentin an, das möglicher Weise ganz ohne Betheiligung von Bindegewebsfasern entsteht, wohl sicher aber solche höchstens in ganz spärlichem Maasse umschliesst. Die meisten Beobachter geben in Bezug auf die von ihnen im Zahn gefundenen Fasern, die sie den Sharpey'schen Fasern des Knochens vergleichen, an, dieselben seien unverkalkt geblieben. Ob und wie weit das auch von den Fasern im Flossenstachel gilt, habe ich nicht ausdrücklich festzustellen versucht, doch glaube ich bestimmt, dass wenigstens diejenigen, welche die Längsfaserschicht des Stammes bilden, im ausgebildeten Stachel verkalkt sind, wahrscheinlich auch diejenigen der oberflächlichen Mantelschicht. Spätere Untersuchungen werden zu zeigen haben, ob Bindegewebsfasern auch bei der Bildung der normalen Placoidschuppen und Mundzähne der Elasmobranchier [1]) eine grössere Rolle spielen, als man bisher angenommen hatte. Dass dies wenigstens in einigen Fällen so sein dürfte, dafür sprechen Hilgendorf's Beobachtungen über den Bau der Rostralzähne von *Pristis* [2]), die ich nach eignen Untersuchungen so weit zu bestätigen vermag.

Hilgendorf gedenkt noch einer anderen Eigenthümlichkeit der

---

1) Ich beschränke meine Erörterungen absichtlich auf die Elasmobranchier. Für die Zähne der Teleosteer ist eine ausgedehnte Betheiligung von Fasern an der Dentinbildung durch Heincke nachgewiesen (1873).

2) F. Hilgendorf, Einige Bemerkungen über die Histologie der Pristis-Zähne, in: SB. Ges. Naturf. Freunde Berlin, 1880, p. 109.

Pristis-Zähne, welche diesen mit den Flossenstacheln gemein ist, nämlich der Anwesenheit von Pigment: „Die Einstreuung eines schwarzen, feinkörnigen Pigments an der dorsalen (belichteten) Seite des Zahns ist ebenfalls für Dentin ungewöhnlich, wenn nicht überhaupt die einzige Ausnahme". Auch in diesem Falle wird sich die Sache, so weit ich beurtheilen kann, durch eine Berichtigung vermeintlicher Beobachtungen erledigen lassen. Wenigstens finde ich, dass die Placoidschuppen von *Acanthias* in diesem Punkte sich nicht vom Flossenstachel unterscheiden; auch sie enthalten Pigment und zwar nur an der unteren, d. h. der Haut zugekehrten Seite ihres Stacheltheils [1]). Dasselbe ist stern- oder netzförmig angeordnet und liegt in der oberflächlichsten Dentinschicht, verhält sich also in diesen beiden Beziehungen ganz wie im Flossenstachel. So stellt sich also abermals eine vermeintliche Abweichung als eine Bestätigung meiner Auffassung heraus, dass der Flossenstachel ein echter Hautzahn ist.

Zum Schluss möchte ich Herrn Prof. Dr. Spengel für die Anregung zu vorstehender Arbeit und die mir bei der Fertigstellung derselben gewährte Unterstützung auch an dieser Stelle meinen wärmsten Dank zum Ausdruck bringen.

1) O. Hertwig bildet in einer Schuppenanlage von *Heptanchus cinereus* an der entsprechenden Stelle gleichfalls Pigment ab (1874, tab. 12, fig. 10). Ferner sollen bei *Scymnus lichia* die Endausläufer der Dentinröhrchen mit Pigmentkörnchen gefüllt sein. Ob dieses Pigment, das nach Hertwig's fig. 2, tab. 12, auch auf der oberen Seite der Schuppe vorhanden ist, dem von mir beobachteten entspricht, ist sehr zweifelhaft. Dass letzteres in den Dentinröhrchen liegt, glaube ich nicht.

Literaturverzeichniss.

Agassiz, L., 1833—43, Recherches sur les poissons fossiles, V. 3.

Benda, C., 1882, Die Dentinbildung in den Hautzähnen der Selachier, in: Arch. Mikrosk. Anat., V. 20, p. 246—270, tab. 16.

Bronn, H. G., 1851—52, Lethaea geognostica.

Carlsson, A., 1894, Ueber die Zahnentwicklung bei einigen Knochenfischen, in: Zool. Jahrb., V. 8, Anat., p. 217—244.

Dumeril, A., 1865, Histoire naturelle des poissons.

Hannover, A., 1867, Om Bygningen og Udviklingen af Skjæl og Pigge hos Bruskfisk, in: Dansk. Vid. Selsk. Skr. (5) V. 7, p. 483—530, tab. 1—4.

Heincke, Fr., 1873, Untersuchungen über die Zähne niederer Wirbelthiere, in: Zeitschr. f. wiss. Zoolog., V. 23, p. 495—591, tab. 27—29.

Hertwig, O., 1874, Ueber Bau und Entwicklung der Placoidschuppen und der Zähne der Selachier, in: Jena. Z. Naturw., V. 8, p. 331—404, tab. 12 u. 13.

Hilgendorf, F., 1880, Einige Bemerkungen über die Histologie der Pristis-Zähne, in: SB. Ges. Natf. Freunde Berlin, 1880, p. 109.

Hubrecht, A. A. W., 1876—1885, Die Fische, in: Bronn, Classen und Ordnungen des Thierreichs, V. 6, Abth. 1, Lief. 1—4.

Jäkel, O., 1890, Ueber Flossenstacheln oder Ichthyodorulithen im Allgemeinen, in: SB. Ges. Natf. Freunde Berlin, 1890, p. 119—131, 4. Figg.

— 1890 a, Ueber die systematische Stellung und über fossile Reste der Gattung Pristiophorus, in: Z. Deutsch. Geol. Ges., 1890, p. 86—121.

Klaatsch, H., 1890, Zur Morphologie der Fischschuppen und zur Geschichte der Hartsubstanzgewebe, in: Morph. Jahrb., V. 16, p. 97—202, 209—258, tab. 6—8.

Mayer, P., 1886, Die unpaaren Flossen der Selachier, in: Mitth. Zool. Stat. Neapel, V. 6, p. 217—285, tab. 15—19.

Quenstedt, F. A., 1885, Handbuch der Petrefactenkunde, 3. Aufl.

Röse, C., 1895, Ueber die Zahnentwicklung von Chlamydoselachus anguineus, in: Morph. Arb. (Schwalbe), V. 4, 1895, p. 193—206.

— 1895 a, Das Zahnsystem der Wirbelthiere, in: Ergeb. Anat. Entw., V. 4, 1894, p. 542—591.

Thacher, J. K., 1878, Median and paired fins, in: Trans. Connecticut Acad., V. 3, p. 281—310, tab. 49—60.

Zittel, K. A., 1887--90, Handbuch der Paläontologie, Paläozoologie, V. 3.

Lebenslauf.

Der Verfasser wurde am 20. März 1868 in Cassel geboren, besuchte daselbst von Ostern 1874 an die Vorschule der höheren Bürgerschule (jetzigen Oberrealschule in der Hedwigstrasse) und dann diese selbst. Im Herbst 1879 siedelte er nach Giessen über, besuchte hier zunächst die Realschule und dann, von 1880 an, das Realgymnasium, welches er Ostern 1887 mit dem Zeugniss der Reife verliess.

In Giessen und zwei Semester in Marburg studirte der Verf. beschreibende Naturwissenschaften und Mathematik. Im Jahre 1892 unterzog er sich in Giessen der Prüfung für das höhere Lehramt und erhielt ein Zeugniss ersten Grades. Im Herbst desselben Jahres trat er als Accessist in das Pädagogische Seminar am Gymnasium zu Giessen und Herbst 1893 als solcher am Realgymnasium und der Realschule daselbst ein. Im December 1894 wurde er zum Lehramtsassessor ernannt, war einige Zeit als Volontär thätig und ist jetzt erster Lehrer und Leiter der höheren Bürgerschule in Babenhausen.

F. Markert.

Frommannsche Buchdruckerei (Hermann Pohle) in Jena.

Frommannsche Buchdruckerei (Hermann Pohle) in Jena.